

502p0156 US

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月28日

出 願 番 号

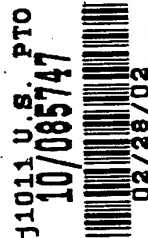
Application Number:

特願2001-056027

出 願 人

Applicant(s):

ソニー株式会社

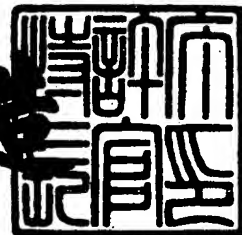


CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年12月14日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 0100151306

【提出日】 平成13年 2月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/302

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 佐藤 修三

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 安田 善哉

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 石原 成郎

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 大鳥居 英

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 野上 毅

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 駒井 尚紀

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100094053

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 隆久

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014890

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707389

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電解加工装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被加工面に金属膜を有する被加工対象物を電解除去加工する電解加工装置であって、

前記被加工対象物を保持する被加工対象物保持手段と、

前記被加工対象物表面を払拭するワイパと、

前記被加工対象物表面上に電解液を供給する電解液供給手段と、

前記被加工対象物表面に対向する位置に配設された第 1 電極と、

前記被加工対象物表面の周辺部に配設された第 2 電極と、

前記被加工対象物表面の第 2 電極と前記第 1 電極間に電流を供給する電源とを有する電解加工装置。

【請求項 2】

前記金属膜は、配線金属膜である

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 3】

前記配線金属膜は、少なくとも銅、アルミニウム、タングステン、金、銀のいずれか、または、それらの合金、またはそれらの酸化物あるいは窒化物を含む

請求項 2 記載の電解加工装置。

【請求項 4】

前記被加工対象物保持手段は、前記被加工対象物を所定の回転軸を中心に回転させる

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 5】

前記被加工対象物保持手段は、前記被加工対象物を押圧するとともに、前記被加工対象物を所定の回転軸中心に回転させる

請求項 4 記載の電解加工装置。

【請求項 6】

前記被加工対象物保持手段を前記ワイパのワイパ面に対して平行な面上に平行移動させる平行移動手段をさらに有する

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 7】

前記ワイパは弾塑性体材料で構成されている

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 8】

前記ワイパに通気孔が設けられている

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 9】

前記ワイパを支持するワイパ支持部材に通気孔が設けられている

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 10】

前記ワイパは所定の回転軸を中心に回転可能となっている

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 11】

前記電解液供給手段は電解質と添加剤を含む電解液を供給する

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 12】

前記添加剤は、銅イオンを含む

請求項 11 記載の電解加工装置。

【請求項 13】

前記添加剤は、少なくとも光沢剤あるいはキレート剤のいずれかを含む

請求項 11 記載の電解加工装置。

【請求項 14】

前記電解液は、研磨砥粒を含む

請求項 11 記載の電解加工装置。

【請求項 15】

前記電源は、前記被加工対象物表面と前記第 1 電極間に周期性パルス電圧を印

加することにより電流を供給する

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 1 6】

前記電源は、前記被加工対象物表面と前記第 1 電極間に矩形パルス、サイン波形、スロー波波形、PAM 波形の電圧を印加して電流を供給する

請求項 1 5 記載の電解加工装置。

【請求項 1 7】

前記電源は、前記被加工対象物表面と前記第 1 電極間に流れる電流値を少なくとも電解加工初期と終点付近で変更可能である

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 1 8】

前記電源は、前記被加工対象物表面と前記第 1 電極間に流れる電流値を電解加工初期において大きく、終点付近で小さく設定する

請求項 1 7 記載の電解加工装置。

【請求項 1 9】

前記電解液供給手段により供給された電解液の温度を調節する温度調整手段をさらに有する

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 2 0】

前記温度調整手段は、前記電解液の温度を 8.0℃以下に調整する

請求項 1 9 記載の電解加工装置。

【請求項 2 1】

前記被加工対象物の周囲を包含するように形成され、前記電解液供給手段により供給された電解液を溜める浴槽をさらに有する

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 2 2】

前記電解液供給手段は、前記被加工対象物表面上に前記電解液が液盛りするように電解液を供給する

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 2 3】

前記電解液供給手段は、電解液が滲出する材料からなる滲出部材を端部に有し、前記滲出部材を介して前記電解液を前記被加工対象物表面上に供給する請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 2 4】

前記第 2 電極は、前記被加工対象物表面の金属膜に比して同等または貴なる金属材料を有する

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 2 5】

前記第 2 電極が被加工対象物表面の周辺部に接触するように配設されている

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 2 6】

前記第 2 電極は、先端部が櫛形に形成されており、当該櫛形部において前記被加工対象物表面の周辺部に接触するように配設されている

請求項 2 5 記載の電解加工装置。

【請求項 2 7】

前記金属膜には前記被加工対象物の側面へ張り出している張り出し部が形成されており、

前記第 2 電極は、前記張り出し部において前記被加工対象物表面の周辺部に接触するように配設されている

請求項 2 5 記載の電解加工装置。

【請求項 2 8】

前記第 2 電極が被加工対象物表面の周辺部に接触しない位置に配設され、前記第 2 電極と前記被加工対象物表面とが前記電解液を介して通電する

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 2 9】

前記第 2 電極が、着脱可能なカートリッジ型に構成されている

請求項 1 記載の電解加工装置。

【請求項 3 0】

前記第 1 電極に負電圧を印加し、前記第 2 電極に正電圧を印加する

請求項 1 に記載の電解加工装置。

【請求項 3 1】

前記ワイパは、前記第 1 電極と当該第 1 電極を支持する絶縁性支持部を被覆して前記絶縁性支持部の端部に固定されている

請求項 1 に記載の電解加工装置。

【請求項 3 2】

前記ワイパは、ゴムバンドあるいはオーリングにより前記絶縁性支持部の端部に固定されている

請求項 3 1 に記載の電解加工装置。

【請求項 3 3】

前記被加工対象物表面と前記第 1 電極との間の距離を可変とする手段が設けられている

請求項 1 に記載の電解加工装置。

【請求項 3 4】

前記ワイパに圧力を印加するワイパ押圧手段と、
前記第 1 電極を支持する絶縁性支持部とワイパ押圧手段との間に圧力を伝達する弾性部材と

をさらに有する請求項 1 に記載の電解加工装置。

【請求項 3 5】

被加工面に金属膜を有する被加工対象物を電解除去加工する電解加工装置であって、

前記被加工対象物を保持する被加工対象物保持手段と、

前記被加工対象物表面を払拭するワイパと、

前記被加工対象物表面と前記ワイパを相対移動させる移動手段と、

前記被加工対象物表面上に電解液を供給する電解液供給手段と、

前記被加工対象物表面に対向する位置に移動可能に配設された電極と、

前記被加工対象物表面と前記電極間に電流を供給する電源と

を有する電解加工装置。

【請求項 3 6】

前記電極が、陽極と陰極とを有する

請求項 3 5 に記載の電解加工装置。

【請求項 3 7】

前記陽極と陰極とが、それぞれリング形状である

請求項 3 6 に記載の電解加工装置。

【請求項 3 8】

前記移動可能に配設された電極が陰極であり、

さらに陽極となる電極が前記被加工対象物表面の周辺部に接触するように配設されている

請求項 3 5 に記載の電解加工装置。

【請求項 3 9】

前記電極が円形状であり、

回転駆動可能となっている

請求項 3 5 に記載の電解加工装置。

【請求項 4 0】

前記電極が、前記被加工対象物表面と非接触である

請求項 3 5 に記載の電解加工装置。

【請求項 4 1】

前記電極が略三日月状であり、少なくとも前記被加工対象物表面の外周の一部を被覆するように配設される

請求項 3 5 に記載の電解加工装置。

【請求項 4 2】

前記略三日月状の電極が陰極である

請求項 4 1 に記載の電解加工装置。

【請求項 4 3】

前記略三日月状の電極の輪郭の凹部が、円形のワイパの外周に適合する形状であり、前記凹部に前記ワイパの一部が嵌込される配置となっている

請求項 4 1 に記載の電解加工装置。

【請求項 4 4】

被加工面に金属膜を有する被加工対象物を電解除去加工する電解加工装置であって、

前記被加工対象物を保持する被加工対象物保持手段と、

前記被加工対象物表面を払拭するワイパと、

前記被加工対象物表面と前記ワイパを相対移動させる移動手段と、

前記被加工対象物表面上に電解液を供給する電解液供給手段と、

前記被加工対象物表面に対向する位置に移動可能に配設された電極と、

前記被加工対象物表面と前記電極間に電流を供給する電源と、

前記被加工対象物表面が底面に臨むように、前記被加工対象物の外周部表面に接触するように設けられ、前記電解液供給手段により供給された電解液を溜める浴槽と

を有する電解加工装置。

【請求項 4 5】

前記浴槽の前記被加工対象物の外周部表面に接触する部分に接触電極が設けられている

請求項 4 4 に記載の電解加工装置。

【請求項 4 6】

前記接触電極が陽極である

請求項 4 5 に記載の電解加工装置。

【請求項 4 7】

前記被加工対象物が固定されており、前記ワイパが自転回転するとともに、前記被加工対象物表面上を公転回転する

請求項 4 4 に記載の電解加工装置。

【請求項 4 8】

被加工面に金属膜を有する被加工対象物を電解除去加工する電解加工装置であって、

前記被加工対象物を保持する被加工対象物保持手段と、

前記被加工対象物表面上に電解液を供給する電解液供給手段と、

前記被加工対象物表面に対向する位置に配設された第 1 電極と、
前記被加工対象物表面に接触して配設された第 2 電極と、
前記被加工対象物表面の第 2 電極と前記第 1 電極間に電流を供給する電源と
を有する電解加工装置。

【請求項 4 9】

前記被加工対象物表面から前記金属膜が電解除去されるように、前記電源により前記第 1 電極と前記第 2 電極に電圧を印加する

請求項 4 8 に記載の電解加工装置。

【請求項 5 0】

被加工面に金属膜を有する被加工対象物を電解除去加工する電解加工装置であ
って、

前記被加工対象物を保持する被加工対象物保持手段と、

前記被加工対象物表面を払拭するワイパと、

前記被加工対象物表面と前記ワイパを相対移動させる移動手段と、

前記被加工対象物表面上に電解液を供給する電解液供給手段と、

前記ワイパに被覆され、メッシュ状に構成された電極と、

前記被加工対象物表面と前記電極間に電流を供給する電源と

を有し、

前記被加工対象物を前記ワイパで被覆された前記電極上において移動させて、
電解除去加工を行う

電解加工装置。

【請求項 5 1】

前記被加工対象物保持手段は、前記被加工対象物を所定の回転軸を中心に回転
させる

請求項 5 0 に記載の電解加工装置。

【請求項 5 2】

前記電極が、陽極と陰極とを有する

請求項 5 0 に記載の電解加工装置。

【請求項 5 3】

前記ワイパがワイパ支持部材上に設けられており、

前記ワイパ支持部材の内部に前記メッシュ状に構成された電極が設けられており、

前記ワイパ支持部材の厚さにより前記電極と前記被加工対象物表面との距離を可変としている

請求項 50 に記載の電解加工装置。

【請求項 54】

被加工面に金属膜を有する被加工対象物を電解除去加工する電解加工装置であって、

前記被加工対象物を保持する被加工対象物保持手段と、

前記被加工対象物表面を払拭するワイパと、

前記被加工対象物表面に対して前記ワイパを一方向に移動させる移動手段と、

前記被加工対象物表面上に電解液を供給する電解液供給手段と、

前記被加工対象物表面に対向する位置に配設された電極と、

前記被加工対象物表面と前記電極間に電流を供給する電源と

を有する電解加工装置。

【請求項 55】

前記ワイパがシート状である

請求項 54 に記載の電解加工装置。

【請求項 56】

前記ワイパが前記シート状のワイパを巻き取ったロール形状である

請求項 55 に記載の電解加工装置。

【請求項 57】

前記ワイパが、一方向に延伸されたシート形状の端部同士を接続した環状となっている

請求項 55 に記載の電解加工装置。

【請求項 58】

前記被加工対象物表面に接触する接触電極が設けられている

請求項 54 に記載の電解加工装置。

【請求項 5 9】

前記シート状のワイパ上において、前記被加工対象物表面が揺動するように移動される

請求項 5 4 に記載の電解加工装置。

【請求項 6 0】

前記シート状のワイパを一方向に移動させる移動手段が複数個のローラであり

前記ローラの一部が前記被加工対象物表面と一定の距離をもって離間して対向するように配設されている

請求項 5 4 に記載の電解加工装置。

【請求項 6 1】

前記被加工対象物表面と一定の距離をもって離間して対向するローラが電極となっている

請求項 6 0 に記載の電解加工装置。

【請求項 6 2】

前記シート状のワイパを一方向に移動させる移動手段が複数個のローラであり

前記ローラの一部が、前記被加工対象物表面に前記シート状のワイパを押圧するように弾性部材を備えて配設されている

請求項 5 4 に記載の電解加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電解加工装置に関し、特に金属膜形成に伴う凹凸面を緩和する際に使用する電解加工装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体装置の高集積化、小型化に伴い、配線の微細化、配線ピッチの縮小化および配線の多層化が進んでおり、半導体装置の製造プロセスにおける多層配線技

術の重要性が増大している。

一方、従来、多層配線構造の半導体装置の配線材料としてアルミニウムが多用されてきたが、近年の $0.25\mu\text{m}$ ルール以下のデザインルールにおいて、信号の伝搬遅延を抑制するために、配線材料をアルミニウムから銅に代えた配線プロセスの開発が盛んに行われている。銅を配線に使用すると、低抵抗と高エレクトロマイグレーション耐性を両立できるというメリットがある。

【0003】

この銅を配線に使用するプロセスでは、例えばあらかじめ層間絶縁膜に形成した溝状の配線パターンに金属を埋め込み、CMP (Chemical Mechanical Polishing : 化学機械研磨) 法によって余分な金属膜を除去して配線を形成する、ダマシン (damascen) 法と呼ばれる配線プロセスが有力となっている。このダマシン法は、配線のエッチングが不要であり、さらに上層の層間絶縁膜も自ずと平坦なものになるので、工程を簡略化できるという利点がある。

さらに、層間絶縁膜に配線用溝だけでなく、コンタクトホールも溝として開け、配線用溝とコンタクトホールを同時に金属で埋め込むデュアルダマシン (dual damascene) 法では、さらに大幅な配線工程の削減が可能となる。

【0004】

ここで、上記のデュアルダマシン法による銅配線形成プロセスの一例について下記の図を参照して、説明する。

まず、図27(a)に示すように、例えば、不図示の不純物拡散領域が適宜形成されているシリコンなどの半導体基板301上に、例えば酸化シリコンからなる層間絶縁膜302を、例えば減圧CVD (Chemical Vapor Deposition) 法により形成する。

【0005】

次に、図27(b)に示すように、半導体基板301の不純物拡散領域に通じるコンタクトホールCH、および半導体基板301の不純物拡散領域と電氣的に接続される所定のパターンの配線が形成される溝Mを公知のフォトリソグラフィー技術およびエッチング技術を用いて形成する。

【0006】

次に、図27(c)に示すように、バリヤ膜305を層間絶縁膜302の表面、コンタクトホールCHおよび溝M内に形成する。このバリヤ膜305は、例えば、Ta、Ti、Ta₂N、TiNなどの材料を公知のスパッタ法により、形成する。バリヤ膜305は、配線を構成する材料が銅で層間絶縁膜302が酸化シリコンで構成されている場合には、銅は酸化シリコンへの拡散係数が大きく、酸化されやすいため、これを防止するために設けられる。

【0007】

次に、図28(d)に示すように、バリヤ膜305上に、銅を公知のスパッタ法により、所定の膜厚で堆積させ、シード膜306を形成する。

次に、図28(e)に示すように、コンタクトホールCHおよび溝Mを銅で埋め込むように、銅膜307を形成する。銅膜307は、例えば、メッキ法、CVD法、スパッタ法などにより形成する。

【0008】

次に、図28(f)に示すように、層間絶縁膜302上の余分な銅膜307およびバリヤ膜305をCMP法によって除去し、平坦化する。

以上の工程により、銅配線308およびコンタクト309とが形成される。

上記したプロセスを配線308上で繰り返し行うことにより、多層配線を形成することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記のデュアルダマシン法を用いた銅配線形成プロセスでは、余分な銅膜307をCMP法によって除去する工程において、従来のCMP法を用いた平坦化技術では、研磨工具と銅膜との間に所定の圧力をかけ、研磨するため、半導体基板へのダメージが大きく、特に層間絶縁膜に機械的強度の低い低誘電率の有機系絶縁膜などを採用していく場合には、このダメージは、無視できないものとなり、層間絶縁膜へのクラック（亀裂）の発生、半導体基板からの層間絶縁膜の剥離などの問題がある。

【0010】

また、層間絶縁膜302と、銅膜307およびバリヤ膜305との除去性能が

異なることから、配線 308 にディッシング、エロージョン（シンニング）、リセスなどが発生しやすいという問題が存在した。

ディッシングは、図 29 に示すように、例えば、 $0.18\mu\text{m}$ ルールのデザインルールにおいて、例えば、 $100\mu\text{m}$ 程度のような幅の広い配線 308 が存在した場合に、当該配線の中央部が過剰に除去され、へこんでしまう現象であり、このディッシングが発生すると配線 308 の断面積が不足するため、配線抵抗値不良などの原因となる。このディッシングは、配線材料に比較的軟質の銅やアルミニウムを用いた場合に発生しやすい。

エロージョンは、図 30 に示すように、例えば、 $3000\mu\text{m}$ の範囲に $1.0\mu\text{m}$ の幅の配線が 50 パーセントの密度で形成されているようなパターン密度の高い部分が過剰に除去されてしまう現象であり、エロージョンが発生すると、配線の断面積が不足するため、配線抵抗値不良などの原因となる。

リセスは、図 31 に示すように、層間絶縁膜 302 と配線 308 との境界で配線 308 が低くなり段差ができてしまう現象であり、この場合にも配線の断面積が不足するため、配線抵抗値の不良などの原因となる。

【0011】

一方、余分な銅膜 307 を CMP 法によって、平坦化および除去する工程では、銅膜を効率的に除去する必要があるため、単位時間当たりの除去量である研磨レートは、例えば、 $500\text{nm}/\text{min}$ 以上となるように要求されている。

この研磨レートを稼ぐためには、ウェーハに対する加工圧力を大きくする必要があり、加工圧力を大きくすると、図 32 に示すように、配線表面にスクラッチ SC やケミカルダメージ CD が発生しやすくなり、特に、軟質の銅では発生しやすい。このため、配線のオープン、ショート、配線抵抗値不良などの不具合の原因となり、また、加工圧力を大きくすると、上記のスクラッチ、層間絶縁膜の剥離、ディッシング、エロージョンおよびリセスの発生量も大きくなるという不利益が存在した。

【0012】

本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、従って、本発明は、金属膜を平坦化する際に、初期凹凸を容易に緩和あるいは平坦化でき、かつ余分な金

属膜の除去効率に優れ、金属膜へのダメージを抑制可能な電解加工装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明の電解加工装置は、被加工面に金属膜を有する被加工対象物を電解除去加工する電解加工装置であって、前記被加工対象物を保持する被加工対象物保持手段と、前記被加工対象物表面を払拭するワイパと、前記被加工対象物表面上に電解液を供給する電解液供給手段と、前記被加工対象物表面に対向する位置に配設された第1電極と、前記被加工対象物表面の周辺部に配設された第2電極と、前記被加工対象物表面の第2電極と前記第1電極間に電流を供給する電源とを有する。

【0014】

上記の本発明の電解加工装置によれば、例えば被加工対象物の被加工面に金属膜が形成されている場合に、電解液供給手段により、被加工対象物表面上に電解液を供給し、電源により第1電極と第2電極が設けられた被加工対象物表面と間に電流を供給することで、被加工面の金属膜表層が陽極酸化し、イオン状態として、あるいは、キレート剤との反応によりキレート化して脆弱な膜として、ワイパにより払拭することで、陽極酸化された金属膜を除去することができ、低い押圧で効率的に被加工対象物の金属膜表面の段差を緩和あるいは平坦化するように、電解除去加工することができる。

【0015】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記金属膜は、配線金属膜である。

さらに好適には、前記金属膜は、少なくとも銅、アルミニウム、タングステン、金、銀のいずれか、または、それらの合金、またはそれらの酸化物あるいは窒化物を含む。

上記の金属材料からなる金属膜を電解除去し、配線層として加工することができる。

【0016】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記被加工対象物保持手段は、前記被加工対象物を所定の回転軸を中心に回転させる。

さらに好適には、前記被加工対象物保持手段は、前記被加工対象物を押圧するとともに、前記被加工対象物を所定の回転軸中心に回転させる。

また、好適には、前記被加工対象物保持手段を前記ワイパのワイパ面に対して平行な面上に平行移動させる平行移動手段をさらに有する。

被加工対象物保持手段により被加工対象物を移動させながら電解除去加工することで、被加工面を均一に加工することができる。

【 0 0 1 7 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記ワイパは弾塑性体材料で構成されている。

あるいは好適には、前記ワイパに通気孔が設けられている。

あるいは好適には、前記ワイパを支持するワイパ支持部材に通気孔が設けられている。

あるいは好適には、前記ワイパは所定の回転軸を中心に回転可能となっている。

弾塑性体材料のワイパにより被加工面を傷つけないように加工でき、ワイパやその支持部材に通気孔を設ける、あるいはワイパを回転駆動することで、電解除去反応により発生するガスを被加工面から放出しやすくすることができる。

【 0 0 1 8 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、好適には、前記電解液供給手段は電解質と添加剤を含む電解液を供給する。

さらに好適には、前記添加剤は、銅イオンを含む。

さらに好適には、前記添加剤は、少なくとも光沢剤あるいはキレート剤のいずれかを含む。

さらに好適には、前記電解液は、研磨砥粒を含む。

陽極酸化によるイオン化やキレート化により脆弱な膜とすることなどにより、ワイパでの払拭による低い押圧で効率的に被加工対象物の金属膜表面の段差を緩和あるいは平坦化するように、電解除去加工することができる。

【 0 0 1 9 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記電源は、前記被加工対象物表面と前記第 1 電極間に周期性パルス電圧を印加することにより電流を供給する。

例えば、パルス幅を非常に短くすることで、1 パルス当たりの陽極酸化される量を非常に小さくして、表面の凹凸に接触した場合など電極間距離の急変による放電、気泡やパーティクルなどが介在した場合に起こる電気抵抗の急変によるスパーク放電など、銅膜などの金属膜の突発的かつ巨大な陽極酸化を防止し、できるだけ小さなものの連続にするために有効なものとなる。

さらに好適には、前記電源は、前記被加工対象物表面と前記第 1 電極間に矩形パルス、サイン波形、スローブ波形、PAM 波形の電圧を印加して電流を供給する。

また、好適には、前記電源は、前記被加工対象物表面と前記第 1 電極間に流れる電流値を少なくとも電解加工初期と終点付近で変更可能である。

さらに好適には、前記電源は、前記被加工対象物表面と前記第 1 電極間に流れる電流値を電解加工初期において大きく、終点付近で小さく設定する。

【 0 0 2 0 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記電解液供給手段により供給された電解液の温度を調節する温度調整手段をさらに有する。

さらに好適には、前記温度調整手段は、前記電解液の温度を 8 0 ℃ 以下に調整する。

例えば 8 0 ℃ 以下程度に調節することで陽極酸化を促進でき、好ましい。

【 0 0 2 1 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記被加工対象物の周囲を包含するように形成され、前記電解液供給手段により供給された電解液を溜める浴槽をさらに有する。

あるいは好適には、前記電解液供給手段は、前記被加工対象物表面上に前記電解液が液盛りするように電解液を供給する。

あるいは好適には、前記電解液供給手段は、電解液が滲出する材料からなる滲出部材を端部に有し、前記滲出部材を介して前記電解液を前記被加工対象物表面

上に供給する。

上記各方法により電解液を供給することができる。

【 0 0 2 2 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記第 2 電極は、前記被加工対象物表面の金属膜に比して同等または貴なる金属材料を有する。

これにより、陽極部材の電解液への溶出などを防止し、被加工対象物表面の金属膜を積極的に陽極酸化させることができる。なお、本来、陰極は溶出しないため、貴卑を考慮する必要はない。

【 0 0 2 3 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記第 2 電極が被加工対象物表面の周辺部に接触するように配設されている。

さらに好適には、前記第 2 電極は、先端部が楕形に形成されており、当該楕形部において前記被加工対象物表面の周辺部に接触するように配設されている。

また、さらに好適には、前記金属膜には前記被加工対象物の側面へ張り出している張り出し部が形成されており、前記第 2 電極は、前記張り出し部において前記被加工対象物表面の周辺部に接触するように配設されている。

上記各形態の第 2 電極により被加工対象物表面の周辺部に接触して電圧を印加する電極とすることができる。

【 0 0 2 4 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記第 2 電極が被加工対象物表面の周辺部に接触しない位置に配設され、前記第 2 電極と前記被加工対象物表面とが前記電解液を介して通電する。

第 2 電極が被加工対象物表面の周辺部に接触しない場合には、電解液を介して通電させる構成とすることができる。

また、好適には、前記第 2 電極が、着脱可能なカートリッジ型に構成されている。

また、好適には、前記第 1 電極に負電圧を印加し、前記第 2 電極に正電圧を印加する。

【 0 0 2 5 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記ワイパは、前記第 1 電極と当該第 1 電極を支持する絶縁性支持部を被覆して前記絶縁性支持部の端部に固定されている。

さらに好適には、前記ワイパは、ゴムバンドあるいはオーリングにより前記絶縁性支持部の端部に固定されている。

ゴムバンドあるいはオーリングなどにより第 1 電極を被覆するようにワイパを固定することができる。

【 0 0 2 6 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記被加工対象物表面と前記第 1 電極との間の距離を可変とする手段が設けられている。

第 1 電極および第 2 電極、即ち、被加工対象物表面に印加する電圧が所定の値のとき、所定の電解電流を得ようとする、第 1 電極および被加工対象物表面の間の抵抗値を調整する必要がある。抵抗は第 1 電極および被加工対象物表面の間に存在する物質の抵抗率と第 1 電極および被加工対象物表面の距離に依存するので、被加工対象物表面と前記第 1 電極との間の距離を可変とすることで、所定の電解電流を得るように調整することが可能となる。

【 0 0 2 7 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記ワイパに圧力を印加するワイパ押圧手段と、前記第 1 電極を支持する絶縁性支持部とワイパ押圧手段との間に圧力を伝達する弾性部材とをさらに有する。

ワイパ押圧手段による圧力を弾性部材によりお伝達してワイパに圧力を印加することができる。

【 0 0 2 8 】

また、上記の目的を達成するため、上記の本発明の電解加工装置は、被加工面に金属膜を有する被加工対象物を電解除去加工する電解加工装置であって、前記被加工対象物を保持する被加工対象物保持手段と、前記被加工対象物表面を払拭するワイパと、前記被加工対象物表面と前記ワイパを相対移動させる移動手段と、前記被加工対象物表面上に電解液を供給する電解液供給手段と、前記被加工対象物表面に対向する位置に移動可能に配設された電極と、前記被加工対象物表面

と前記電極間に電流を供給する電源とを有する。

【 0 0 2 9 】

上記の本発明の電解加工装置は、例えば被加工対象物の被加工面に金属膜が形成されている場合に、電解液供給手段により、被加工対象物表面上に電解液を供給し、電源により被加工対象物表面と電極間に電流を供給することで、被加工面の金属膜表層が陽極酸化し、イオン状態として、あるいは、キレート剤との反応によりキレート化して脆弱な膜として、被加工対象物表面とワイパを相対移動させることでワイパにより払拭し、陽極酸化された金属膜を除去することができ、低い押圧で効率的に被加工対象物の金属膜表面の段差を緩和あるいは平坦化するように、電解除去加工することができる。

【 0 0 3 0 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記電極が、陽極と陰極とを有する。

さらに好適には、前記陽極と陰極とが、それぞれリング形状である。

リング形状などの陽極と陰極とが被加工対象物表面に対向する位置に移動可能に配設された構成とすることで、被加工対象物表面と陽極と陰極との電極の間に電流を供給し、電解除去反応を生じさせることができる。

【 0 0 3 1 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記移動可能に配設された電極が陰極であり、さらに陽極となる電極が前記被加工対象物表面の周辺部に接触するように配設されている。

陽極となる電極が前記被加工対象物表面の周辺部に接触することで、安定して被加工対象物表面に通電することができる。

【 0 0 3 2 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記電極が円形状であり、回転駆動可能となっている。

円形上の電極を回転駆動することで、電解除去反応を電極面内における均一化を実現できる。

【 0 0 3 3 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記電極が、前記被加工対象物表面と非接触である。

陽極と陰極などの電極が被加工対象物表面に非接触である状態で、被加工対象物表面と電極の間に電流を供給し、電解除去反応を生じさせることができる。

【 0 0 3 4 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記電極が略三日月状であり、少なくとも前記被加工対象物表面の外周の一部を被覆するように配設される。

さらに好適には、前記略三日月状の電極が陰極である。

さらに好適には、前記略三日月状の電極の輪郭の凹部が、円形のワイパの外周に適合する形状であり、前記凹部に前記ワイパの一部が嵌込される配置となっている。

電極が略三日月状などの形状としてワイパの形状と適合するように配置することができる。

【 0 0 3 5 】

また、上記の目的を達成するため、本発明の電解加工装置は、被加工面に金属膜を有する被加工対象物を電解除去加工する電解加工装置であって、前記被加工対象物を保持する被加工対象物保持手段と、前記被加工対象物表面を払拭するワイパと、前記被加工対象物表面と前記ワイパを相対移動させる移動手段と、前記被加工対象物表面上に電解液を供給する電解液供給手段と、前記被加工対象物表面に対向する位置に移動可能に配設された電極と、前記被加工対象物表面と前記電極間に電流を供給する電源と、前記被加工対象物表面が底面に臨むように、前記被加工対象物の外周部表面に接触するように設けられ、前記電解液供給手段により供給された電解液を溜める浴槽とを有する。

【 0 0 3 6 】

上記の本発明の電解加工装置は、例えば被加工対象物の被加工面に金属膜が形成されている場合に、被加工対象物表面が底面に臨むように、被加工対象物の外周部表面に接触するように設けられた浴槽内に、電解液供給手段により供給された電解液を溜めて、電源により被加工対象物表面と電極間に電流を供給することで、被加工面の金属膜表層が陽極酸化し、イオン状態として、あるいは、キレー

ト剤との反応によりキレート化して脆弱な膜として、被加工対象物表面とワイパを相対移動させることでワイパにより払拭し、陽極酸化された金属膜を除去することができ、低い押圧で効率的に被加工対象物の金属膜表面の段差を緩和あるいは平坦化するように、電解除去加工することができる。

【0037】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記浴槽の前記被加工対象物の外周部表面に接触する部分に接触電極が設けられている。

さらに好適には、前記接触電極が陽極である。

浴槽に設けられた陽極などの接触電極により、被加工対象物表面に通電して電解除去反応を生じさせることができる。

【0038】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記被加工対象物が固定されており、前記ワイパが自転回転するとともに、前記被加工対象物表面上を公転回転する。

ワイパと被加工対象物表面とを相対的に移動させて、電解除去効率を面内で均一化することができる。

【0039】

また、上記の目的を達成するため、本発明の電解加工装置は、被加工面に金属膜を有する被加工対象物を電解除去加工する電解加工装置であって、前記被加工対象物を保持する被加工対象物保持手段と、前記被加工対象物表面上に電解液を供給する電解液供給手段と、前記被加工対象物表面に対向する位置に配設された第1電極と、前記被加工対象物表面に接触して配設された第2電極と、前記被加工対象物表面の第2電極と前記第1電極間に電流を供給する電源とを有する。

【0040】

上記の本発明の電解加工装置は、例えば被加工対象物の被加工面に金属膜が形成されている場合に、被加工対象物表面に対向する位置に配設された第1電極と、被加工対象物表面に接触して配設された第2電極間に電流を供給することで、被加工面の金属膜表層が陽極酸化し、イオン状態として、陽極酸化された金属膜を除去することができ、ワイパで払拭することもなく、効率的に被加工対象物の

金属膜表面の段差を緩和あるいは平坦化するように、電解除去加工することができる。

【 0 0 4 1 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記被加工対象物表面から前記金属膜が電解除去されるように、前記電源により前記第 1 電極と前記第 2 電極に電圧を印加する。

電解メッキの逆反応により、効率的に被加工対象物の金属膜表面の段差を緩和あるいは平坦化するように、電解除去加工することができる。

【 0 0 4 2 】

上記の目的を達成するため、本発明の電解加工装置は、被加工面に金属膜を有する被加工対象物を電解除去加工する電解加工装置であって、前記被加工対象物を保持する被加工対象物保持手段と、前記被加工対象物表面を払拭するワイパと、前記被加工対象物表面と前記ワイパを相対移動させる移動手段と、前記被加工対象物表面上に電解液を供給する電解液供給手段と、前記ワイパに被覆され、メッシュ状に構成された電極と、前記被加工対象物表面と前記電極間に電流を供給する電源とを有し、前記被加工対象物を前記ワイパで被覆された前記電極上において移動させて、電解除去加工を行う。

【 0 0 4 3 】

上記の本発明の電解加工装置は、例えば被加工対象物の被加工面に金属膜が形成されている場合に、電解液供給手段により、被加工対象物表面上に電解液を供給し、電源により、ワイパに被覆されてメッシュ状に構成された電極と被加工対象物表面との間に電流を供給することで、被加工面の金属膜表層が陽極酸化し、イオン状態として、あるいは、キレート剤との反応によりキレート化して脆弱な膜として、被加工対象物表面とワイパを相対移動させることでワイパにより払拭し、陽極酸化された金属膜を除去することができ、低い押圧で効率的に被加工対象物の金属膜表面の段差を緩和あるいは平坦化するように、電解除去加工することができる。

【 0 0 4 4 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記被加工対象物保持手段は、前

記被加工対象物を所定の回転軸を中心に回転させる。

また、好適には、前記電極が、陽極と陰極とを有する。

また、好適には、前記ワイパがワイパ支持部材上に設けられており、前記ワイパ支持部材の内部に前記メッシュ状に構成された電極が設けられており、前記ワイパ支持部材の厚さにより前記電極と前記被加工対象物表面との距離を可変としている。

【 0 0 4 5 】

また、上記の目的を達成するため、本発明の電解加工装置は、被加工面に金属膜を有する被加工対象物を電解除去加工する電解加工装置であって、前記被加工対象物を保持する被加工対象物保持手段と、前記被加工対象物表面を払拭するワイパと、前記被加工対象物表面に対して前記ワイパを一方向に移動させる移動手段と、前記被加工対象物表面上に電解液を供給する電解液供給手段と、前記被加工対象物表面に対向する位置に配設された電極と、前記被加工対象物表面と前記電極間に電流を供給する電源とを有する。

【 0 0 4 6 】

上記の本発明の電解加工装置は、例えば被加工対象物の被加工面に金属膜が形成されている場合に、電解液供給手段により、被加工対象物表面上に電解液を供給し、電源により被加工対象物表面と被加工対象物表面に対向する位置に配設された電極との間に電流を供給することで、被加工面の金属膜表層が陽極酸化し、イオン状態として、あるいは、キレート剤との反応によりキレート化して脆弱な膜として、被加工対象物表面に対してワイパを一方向に移動させることでワイパにより払拭し、陽極酸化された金属膜を除去することができ、低い押圧で効率的に被加工対象物の金属膜表面の段差を緩和あるいは平坦化するように、電解除去加工することができる。

【 0 0 4 7 】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記ワイパがシート状である。

さらに好適には、前記ワイパが前記シート状のワイパを巻き取ったロール形状である。

また、さらに好適には、前記ワイパが、一方向に延伸されたシート形状の端部

同士を接続した環状となっている。

シートを巻き取ったロール形状あるいはシート形状の端部同士を接続した環状のワイパを一方向に移動させて被加工対象物表面を払拭することができる。

【0048】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記被加工対象物表面に接触する接触電極が設けられている。

被加工対象物表面に接触する陽極などの接触電極により、被加工対象物表面に通電して電解除去反応を生じさせることができる。

【0049】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記シート状のワイパ上において、前記被加工対象物表面が揺動するように移動される。

ワイパを一方向に移動させることに加えて、被加工対象物表面が揺動するように移動させることで、被加工対象物表面を面内均一性を向上して電解除去加工することができる。

【0050】

上記の本発明の電解加工装置は、好適には、前記シート状のワイパを一方向に移動させる移動手段が複数個のローラであり、前記ローラの一部が前記被加工対象物表面と一定の距離をもって離間して対向するように配設されている。

さらに好適には、前記被加工対象物表面と一定の距離をもって離間して対向するローラが電極となっている。

被加工対象物表面と一定の距離をもって離間して対向するように配設されたローラを陰極などの電極として用いることができる。

また、好適には、前記シート状のワイパを一方向に移動させる移動手段が複数個のローラであり、前記ローラの一部が、前記被加工対象物表面に前記シート状のワイパを押圧するように弾性部材を備えて配設されている。

【0051】

【発明の実施の形態】

以下に、半導体装置の製造工程などに用いられる本発明の電解加工装置の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0052】

第1実施形態

本発明の電解加工装置の実施形態について、一例として半導体装置の製造工程におけるデュアルダマシン法による金属配線形成プロセスに適用する場合について説明する。

【0053】

以下に、本実施形態の電解加工装置を適用する半導体装置の製造プロセスについて説明する。

まず、図1(a)に示すように、例えば不図示の不純物拡散領域が適宜形成されている、例えばシリコンなどの半導体基板101上に、例えばシリコン酸化膜からなる層間絶縁膜102を、例えば反応源としてTEOS (tetraethylorthosilicate) などを用いて減圧CVD (Chemical Vapor Deposition)法により形成する。

なお、層間絶縁膜102としては、CVD法により形成されるTEOS (tetraethylorthosilicate) 膜やシリコン窒化膜の他、いわゆるLow-k (低誘電率膜) 材料などを用いることができる。

ここで、低誘電率絶縁膜としては、SiF、SiOCH、ポリアリールエーテル、ポーラスシリカ、ポリイミドなどがある。

【0054】

次に、図1(b)に示すように、半導体基板101の不純物拡散領域に通じるコンタクトホールCHおよび配線用溝Mを、例えば公知のフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を用いて形成する。なお、配線用溝Mの深さは、例えば、800nm程度である。

【0055】

次に、図1(c)に示すように、バリヤ膜103を層間絶縁膜102の表面、コンタクトホールCHおよび配線用溝M内に形成する。

このバリヤ膜103は、例えば、Ta、Ti、W、Co、Si、Ni、およびそれらの金属とリンあるいは窒素からなるTa₃N、TiN、WN、CoW、CoWP、TiSiN、NiWPなどの合金、およびそれらの積層膜で構成される。

これらの材料からなるバリア膜は、既知のスパッタリング装置、真空蒸着装置などをもちいたPVD (Physical Vapor Deposition) 法あるいはCVD法により、例えば25nm程度の膜厚で形成する。

バリア膜103は、配線を構成する材料が層間絶縁膜102中に拡散するのを防止するため、および、層間絶縁膜102との密着性を上げるために設けられる。例えば、配線材料が銅で層間絶縁膜102が酸化シリコンのような場合には、銅は酸化シリコンへの拡散係数が大きく酸化されやすいため、これを防止する必要がある。

【0056】

次に、図2(d)に示すように、バリア膜103上に、配線形成材料と同じ材料からなるシード膜104を公知のスパッタ法により、例えば150nm程度の膜厚で形成する。シード膜104は、後に電解メッキを行うために形成するものであり、例えば金属膜を配線用溝MおよびコンタクトホールCH内に埋め込んだ際に、金属膜の成長を促すために形成する。

【0057】

次に、図2(e)に示すように、コンタクトホールCHおよび配線用溝Mを埋め込むように、バリア膜103上にAl、W、WN、Cu、Au、Agなどあるいはそれらの合金膜からなる配線用層105を、例えば1600nm程度の膜厚で形成する。配線用層105は、好ましくは、電解メッキ法または無電解メッキ法によって形成するが、CVD法、PVD法、スパッタ法などによって形成してもよい。なお、シード膜104は配線用層105と一体化する。

配線用層105の表面には、コンタクトホールCHおよび配線用溝Mの埋め込みによって生じた、例えば、800nm程度の高さの凹凸が形成されている。

なお、以下では、例えば配線用層として銅を積層させた場合について説明する。

【0058】

以上のプロセスは、従来と同様のプロセスで行われるが、本発明の電解除去加工方法では、層間絶縁膜102上に存在する余分な配線用層105の除去を化学機械研磨でなく、電解作用を用いた電解除去加工によって行う。具体的には、電

解作用により銅膜を陽極酸化し、イオン状態として、あるいは表層部を脆弱なキレート膜としてワイパで払拭し、除去する。

【0059】

キレート膜の形成方法は、図3(f)に示すように、陰極部材120を銅膜105に平行に配置し、電解質、および添加剤として例えば銅をキレート化するキレート剤を含む電解液ELを陰極部材120と銅膜105との間に介在させる。なお、図4以降は、陰極部材120および電解液ELの図中への記載を省略してある。

また、電解液ELには、上記の他、添加剤として、光沢剤、Cuイオンなどを含めることができる。

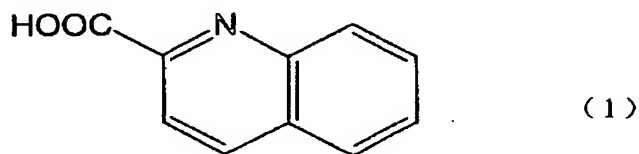
そして、この電解液を温度コントロールして、金属膜表面の酸化、キレート形成割合、払拭割合などを最適化する。

ここで、キレート剤としては、例えば、化学構造式(1)のキナルジン酸、化学構造式(2)のグリシン、化学構造式(3)のクエン酸、化学構造式(4)のシュウ酸、化学構造式(5)のプロピオン酸などを用いる。

次に、陰極部材120を陰極として、銅膜105およびバリヤ膜103を陽極として、電圧を印加する。

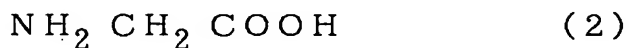
【0060】

【化1】



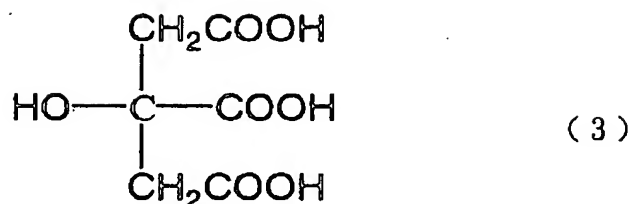
【0061】

【化2】



【0062】

【化3】



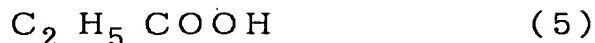
【0063】

【化4】



【0064】

【化5】



【0065】

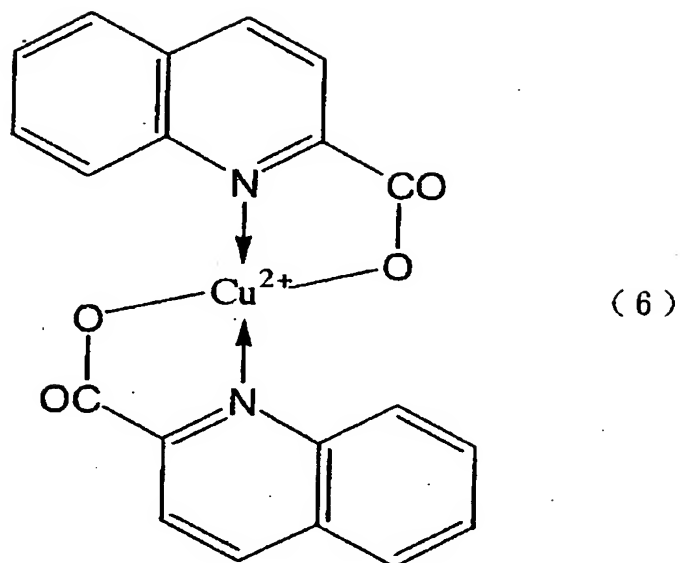
陽極である銅膜105は、陽極酸化されることにより、CuOを形成する。ここで、銅膜105表面の凸部と陰極部材120との距離d1は、銅膜105表面の凹部と陰極部材120との距離d2に比して、短いことから、陰極部材120と銅膜105の電位差が一定の場合には、凸部における電流密度の方が凹部に比して大きくなるため、陽極酸化が促進される。

【0066】

図3(g)に示すように、陽極酸化された銅膜(CuO)105の表面は、電解溶液中のキレート剤により、キレート化される。キレート剤にキナルジン酸を用いた場合には、化学構造式(6)のキレート化合物からなる膜となり、グリシンを用いた場合には、化学構造式(7)のキレート化合物からなる膜となる。これらのキレート膜106は、電気抵抗が銅に比して高く、機械的強度は非常に小さい。従って、銅膜105の表面にキレート膜106が形成された後は、銅膜105から電解液ELを通じて陰極部材120へ流れる電流値は低下する。陽極酸化されない前は、銅のキレート化は抑制された状態にある。

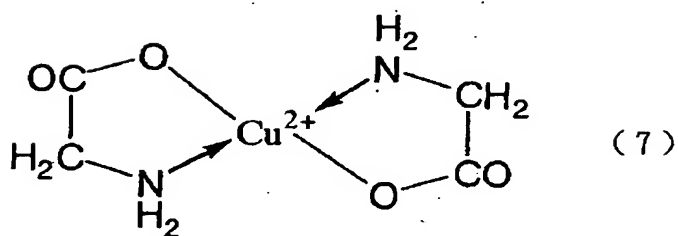
【0067】

【化 6】



【0068】

【化 7】



【0069】

次に、図 4 (h) に示すように、銅膜 105 の表面に形成されたキレート膜 106 の凸部を、ワイピング、機械研磨などによって選択的に除去する。なお、機械研磨によって、キレート膜 106 の凸部を除去する場合に、あらかじめ、電解液 E L に不図示のスラリーを含ませても良い。また、当該キレート膜の機械的強度は非常に小さいため、基板 101 に振動を与えたり、電解液 E L に噴流を与えたりすることによってもキレート膜 106 を容易に除去することができる。

このとき、電気抵抗の低い銅膜 105 の凸部が電解液中に露出するため、銅膜 105 から電解液 E L を通じて陰極部材 120 へ流れる電流値は増加する。

【0070】

次に、図4（i）に示すように、電解液中に露出した銅膜105の凸部は、電気抵抗が低いこと、および陰極部材120との距離が短いことから集中的に陽極酸化され、陽極酸化された銅は、キレート化される。このとき、銅膜105から電解液ELを通じて陰極部材120へ流れる電流値は再び低下する。

その後、キレート膜106の凸部を上述したワイピングなどにより、選択的に除去し、露出した銅膜105が集中的に陽極酸化、キレート化され、当該キレート膜106の凸部を選択的に除去する工程を繰り返す。このとき、銅膜105から電解液ELを通じて陰極部材120へ流れる電流値は、キレート膜106の除去と同時に増加し、キレート膜106の形成と同時に低下するという状態を繰り返す。

【0071】

次に、図5（j）に示すように、上記の工程の後、銅膜105が平坦化される。

平坦化された当該銅膜105をワイピングなどによって全面に除去することにより、銅膜105から電解液ELを通じて陰極部材120へ流れる電流値は、1度最大値をとる。

【0072】

次に、図5（k）に示すように、平坦化された銅膜105の全面について、陽極酸化による生成キレート膜の除去工程を、バリヤ膜103上の余分な銅膜105がなくなるまで続ける。

【0073】

次に、図5（l）に示すように、当該銅膜105の全面を例えば上述したワイピングなどにより除去し、バリヤ膜103の表面を露出させる。

このとき、銅膜105より電気抵抗の高いバリヤ膜103が露出するため、キレート膜106除去後の電流値の値が低下し始める。当該電流値が低下し始めた時点（終点付近）で、印加電圧を小さくし、その後、電圧を印加するのを停止し、陽極酸化によるキレート化の進行を止める。

以上のプロセスによって、銅膜105の初期凹凸の平坦化は達成される。

その後、配線用溝の外部に堆積されたバリヤ膜103を除去することにより、

銅配線が形成される。

【0074】

本実施形態の電解加工装置を適用する電解加工方法によれば、電気化学的に電解除去する除去加工であるため、通常の化学機械研磨に比して、低い加工圧力で電解除去加工を行うことができる。このことは、単純な機械研磨と比較してもスクラッチの低減、段差緩和性能、ディッシングやエロージョンの低減などの面で非常に有利である。

また、低い加工圧力で電解除去加工を行うことができるため、機械強度が弱く通常の化学機械研磨では破壊されてしまい易い、有機系の低誘電率膜や多孔質低誘電率絶縁膜を層間絶縁膜102に用いる場合に非常に有用である。

【0075】

通常の化学機械研磨で、アルミナ粒子などを含むスラリーを使用した場合には、CMP加工に寄与したのち磨滅せずに残留したり、銅表面に埋没して後にパーティクルの原因となることがあるが、本発明の電解加工方法では、キレート剤などを含む電解液を用いることで、表面に形成されたキレート膜は機械的強度が非常に小さいため、研磨砥粒を含まない電解液を用いてワイピングなどにより十分に除去することが可能である。

また、電解電流をモニタリングすることで、電解加工プロセスの管理を行うことができ、電解加工プロセスの進行状態を正確に把握することが可能となる。

【0076】

本発明の電解加工装置を適用する電解加工方法は、上記の実施の形態に限定されない。

銅以外にも、上述したように、例えば、Al、W、WN、Cu、Au、Agなどあるいはそれらの合金膜からなる配線層に適用することができ、上述した材料などからなるバリア膜の電解加工にも適用することができる。

また、配線など以外に使用される種々の金属膜の電解加工に適用することができる。

また、キレート剤の種類や、陰極部材の種類など、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

また、本発明の電解加工装置を適用する半導体装置の製造方法は上記の実施の形態に限定されない。

例えば、金属膜の電解加工方法以外に係る方法は何ら限定はなく、本実施形態においては、デュアルダマシン法を例に説明したが、シングルダマシン法にも適用でき、その他、コンタクトホールもしくは配線用溝の形成方法や銅膜の形成方法、バリヤ膜の形成方法などは、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

【0077】

次に、本実施形態に係る電解加工装置の構成について説明する。

図6は、本発明の実施形態に係る電解加工装置の構成を示す模式図である。

図6に示す電解加工装置は、加工ヘッド部Hと、電解電源61と、電解加工装置全体を制御する機能を有するコントローラ55と、電解液供給装置81とを備えており、必要に応じて、さらにスラリー供給装置71を備えている。

なお、図示しないが、本実施形態の電解加工装置は、クリーンルーム内に設置され、当該クリーンルーム内には、被電解加工対象物のウェーハを収納したウェーハカセットを搬出入する搬出入ポートが設けられている。さらに、この搬出入ポートを通じてクリーンルーム内に搬入されたウェーハカセットと電解加工装置との間でウェーハの受け渡しを行うウェーハ搬送ロボットが搬出入ポートと電解加工装置の間に設置される。

【0078】

加工ヘッド部Hは、電解加工工具11を必要に応じて回転させながら保持する電解加工工具保持部10と、電解加工工具保持部10をZ軸方向の目標位置に位置決めするZ軸位置決め機構部（移動位置決め手段）30と、被電解加工対象物のウェーハWを保持し回転させX軸方向に移動するX軸移動機構部（回転保持手段および相対移動手段）40とから構成されている。

【0079】

Z軸位置決め機構部30は、不図示のコラムに固定されたZ軸サーボモータ31と、Z軸サーボモータ31に接続されたボールネジ軸31aと、保持装置13および主軸モータ14に連結され、ボールネジ軸31aに螺合するネジ部を有す

るZ軸スライダ32と、Z軸スライダ32をZ軸方向に移動自在に保持する不図示のコラムに設置されたガイドレール33とを有する。

【0080】

Z軸サーボモータ31は、Z軸サーボモータ31に接続されたZ軸ドライバ51から駆動電流が供給されて回転駆動される。ボールネジ軸31aは、Z軸方向に沿って設けられ、一端がZ軸サーボモータ31に接続され、他端は、上記の不図示のコラムに設けられた保持部材によって、回転自在に保持され、その間に、Z軸スライダ32のネジ部と螺合されている。

上記の構成により、Z軸サーボモータ31の駆動により、ボールネジ軸31aが回転され、Z軸スライダ32を介して、電解加工工具保持部10に保持された電解加工工具11がZ軸方向の任意の位置に移動位置決めされる。Z軸位置決め機構部30の位置決め精度は、例えば分解能0.1 μ m程度としている。

【0081】

X軸移動機構部40は、ウェーハWをチャッキングするウェーハテーブル42とウェーハテーブル42を回転駆動させる駆動力を供給する駆動モータ44と、駆動モータ44と保持装置45の回転軸とを連結するベルト46と、保持装置45に設けられた電解液浴槽47と、駆動モータ44および保持装置45が設置されたX軸スライダ48と、不図示の架台に設置されたX軸サーボモータ49と、X軸サーボモータ49に接続されたボールネジ軸49aと、X軸スライダ48に連結されボールネジ軸49aに螺合するネジ部が形成された可動部材49bとから構成されている。

【0082】

ウェーハテーブル42は、例えば、真空吸着手段によってウェーハWを吸着する。

駆動モータ44は、テーブルドライバ53に接続されており、当該テーブルドライバ53から駆動電流が供給されることによって駆動され、この駆動電流を制御することでウェーハテーブル42を所定の回転数で回転させることができる。

X軸サーボモータ49は、X軸ドライバ54に接続されており、当該X軸ドライバ54から供給される駆動電流によって回転駆動し、X軸スライダ48がボー

ルネジ軸 49a および可動部材 49b を介して X 軸方向に駆動する。このとき、X 軸サーボモータ 49 に供給する駆動電流を制御することによって、ウェーハテーブル 42 の X 軸方向の速度制御が可能となる。

【0083】

電解液供給装置 81 は、電解質と添加剤を含む電解液 EL を不図示の供給ノズルを介して、ウェーハ W 上に供給する。

電解液は、陽極酸化を促進するため、温度を 80℃ 以下程度に調節することが好ましい。

電解液浴槽 47 は、電解液 EL を溜めて、ウェーハの被電解加工面に電解液を供給するために設けられている。

また、ウェーハの被電解加工面上に表面張力により電解液 EL を液盛りして供給し、所定時間が経過したらウェーハテーブル 42 を回転駆動してウェーハ上の電解液を振り切る方法とすることもできる。

また、後述のワイパなどを電解液が滲出する材料から構成し、滲出部材を介して電解液をウェーハ上に供給する方法も用いられる。

電解質は、有機溶媒あるいは水溶液をベースとしたものを用いることができる。

電解質は、酸として、例えば、硫酸銅、硫酸アンモニウム、リン酸などがあり、アルカリの例としては、エチルジアミン、NaOH、KOH などがある。

また、電解質として、メタノール、エタノール、グリセリン、エチレングリコールなどの有機溶媒希釈混合液を用いることもできる。

添加剤としては、Cu イオン、光沢剤またはキレート剤を含む。

光沢剤としては、例えば、イオウ系、水酸化銅やリン酸銅などの銅イオン系、塩酸などの塩素イオン系、ベンゾトリアゾール (BTA)、ポリエチレングリコールなどを用いることができる。

キレート剤としては、例えば、上述したキナルジン酸、グリシン、クエン酸、シュウ酸、プロピオン酸などの他、キノリン、アントラニル酸などを用いる。

【0084】

スラリー供給装置 71 は、スラリーを不図示の供給ノズルを介して、ウェーハ

W上に供給する。スラリーとしては、例えば、過酸化水素、硝酸鉄、ヨウ素酸カリウムなどをベースとした酸化力のある水溶液に酸化アルミニウム（アルミナ）、酸化セリウム、シリカ、酸化ゲルマニウムなどを研磨砥粒として含有させたものを使用する。なお、スラリーは必要に応じて供給すればよい。

【0085】

図7は、本実施形態に係る電解加工装置の電解加工工具保持部10部分の構成を示す模式図である。

電解加工工具保持部10は、電解加工工具11を保持しながら押圧可能な機構を有する保持部材12と、保持部材12を主軸13aを介して回転自在に保持する保持装置13と、保持装置13に保持された主軸13aを回転させる主軸モータ14と、主軸モータ14上に設けられたシリンダ装置15から構成されている。

【0086】

主軸モータ14は、例えば、ダイレクトドライブモータからなり、このダイレクトドライブモータの不図示のロータは、主軸13aに連結されている。

また、主軸モータ14は、中心部にシリンダ装置15のピストンロッド15bが挿入される貫通孔を有している。主軸モータ14は、主軸ドライバ52から供給される駆動電流によって駆動される。

【0087】

保持装置13は、例えば、エアベアリングを備えており、このエアベアリングで主軸13aを回転自在に保持している。保持装置13の主軸13aも中心部にピストンロッド15bが挿入される貫通孔を有している。

【0088】

保持部材12は、連結部材保持部12a、連結部材12b、弾性部材12c、およびPOMなどからなる絶縁板12dから構成される。

絶縁板12dは、複数の棒状の連結部材12bによって連結部材保持部12aに連結されている。

連結部材12bは、絶縁板12dの中心軸から所定の半径位置になど間隔に配置されており、連結部材保持部12aに対して移動自在に保持されている。この

ため、絶縁板 1 2 d は連結部材保持部 1 2 a の軸方向に移動可能である。

また、絶縁板 1 2 d と連結部材保持部 1 2 a との間には、各連結部材 2 6 に対応して、例えば 1 k g 重のバネ力（付勢力）を有するコイルスプリングからなる弾性部材 1 2 c で接続されている。

【 0 0 8 9 】

また、絶縁板 1 2 d の下面には、電解加工工具 1 1 として、陰極となる電極板 2 3 が装着されており、電極板 2 3 および絶縁板 1 2 d を被覆するように、ワイパ 2 4 がオーリング 2 4 a により固定されている。

【 0 0 9 0 】

ワイパ 2 4 は、ウェーハテーブル 4 2 上に固定されたウェーハ W に接触してウェーハ W を払拭する面を有しており、例えば、弾塑性体材料、柔らかいブラシ状の材料、スポンジ状の材料、多孔質状の材料などから形成される。例えばポリビニルアセタール（P V A）、発砲ウレタン、テフロン発砲体、テフロン繊維不織布、メラミン樹脂、エポキシ樹脂などの樹脂からなる多孔質体などで構成されている。これらの電気的特性として、電気またはイオンを導通しない絶縁体である必要があり、そのために繊維状に構成されている。

したがって、繊維状であることから、その気孔部を介して電解液が浸透し電極 2 2 およびウェーハ W 間を電解液で充満することができる。また、ウェーハ W 表面にスクラッチなどを発生させないように払拭可能である。

【 0 0 9 1 】

電解加工工具 1 1 を保持している保持部材 1 2 は、保持装置 1 3 の主軸 1 3 a に連結されているため、主軸 1 3 a の回転によって電解加工工具 1 1 も回転することが可能となっている。

【 0 0 9 2 】

シリンダ装置 1 5 は、主軸モータ 1 4 のケース上に固定されており、ピストン 1 5 a を内蔵しており、ピストン 1 5 a は、例えば、シリンダ装置 1 5 内に供給される空気圧によって矢印 A 1 および A 2 のいずれかの向きに駆動される。

このピストン 1 5 a には、ピストンロッド 1 5 b が連結されており、ピストンロッド 1 5 b は、主軸モータ 1 4 および保持装置 1 3 の中心を通過して配置されて

いる。

ピストンロッド15bの先端には、絶縁板12dとの間隙に、例えば押圧部材15cが連結されており、この押圧部材15cはピストンロッド15bに対して所定の範囲で姿勢変更が可能な連結機構によって連結されている。

押圧部材15cは、対向する位置に配置された絶縁板12dの開口部の周縁部に接触可能となっており、ピストンロッド15bの矢印A2方向への駆動によって絶縁板12dを押圧する。

【0093】

上記のように、絶縁板12dは連結部材保持部12aに対して移動自在に保持されており、絶縁板12dと連結部材保持部12aとを弾性部材12cで連結する構成となっているので、シリンダ装置15に高圧エアを供給してピストンロッド15bを矢印A2の向きに下降させると、押圧部材15cが弾性部材12cの復元力に逆らって絶縁板12dを下方に押し下げ、これとともにワイパ24も下降する。このときの復元力は、弾性部材12cのバネ力や個数を調整することで所定値に設定可能である。

この状態からシリンダ装置15への高圧エアの供給を停止すると、弾性部材12cの復元力によって、絶縁板12dは上昇し、これとともにワイパ24も上昇する。

【0094】

シリンダ装置15のピストンロッド15bの中心部には、貫通孔が形成されており、貫通孔内に通電軸20が挿入され、ピストンロッド15bに対して固定されている。

通電軸20は、導電性材料から形成されており、上端側はシリンダ装置15のピストン15aを貫通してシリンダ装置15上に設けられたロータリジョイント16まで伸びており、下端側は主軸13aから突き出して、配線20aにより電極板23に接続されている。

【0095】

電極板23は、導電性材料から構成され、通電軸20を介して電解電源61のマイナス極と電氣的に接続されており、陰極となる。このため、材料の貴卑につ

いては特に限定はない。

なお、電極板 2 3 は、例えば、ウェーハ W 表面の金属膜の電解作用による被電解加工表面から発生したガスを抜くための通気孔 H を設けることが好ましい。この通気孔 H は、ガスによる電極板 2 3 とウェーハ W との間の電解作用の不均一などの不利益を防止するために設けられる。例えば、外径が 1 5 0 m m の厚さ 1 m m の銅からなる電極板で、直径 3 . 2 m m の通気孔を 1 6 個設ける。

また、電極板 2 3 は回転駆動可能となっていて、電極板 2 3 を回転させて、ウェーハ W と電極板 2 3 の間から電解作用による被電解加工表面から発生したガスを抜く構成としてもよい。

【 0 0 9 6 】

一方、ウェーハ W の外周部における被加工面上において通電ブラシ 2 7 が固定されて配置されており、通電ブラシ 2 7 がウェーハ W の被加工面に接触している。

通電ブラシ 2 7 は、例えば電解電源 6 1 のプラス極と電氣的に接続されており、陽極となるため、例えばウェーハ W に形成される銅膜と同等または銅膜より貴なる金属で形成されていることが好ましい。

【 0 0 9 7 】

通電軸 2 0 の中心部に貫通孔が形成され、この貫通孔からキレート剤を含む電解液 E L をウェーハ W 上に供給する構成とすることもできる。

あるいは、電解液浴槽に電解液を溜めておくなど、その他の供給手段により供給可能である。

また、通電軸 2 0 の貫通孔から、化学研磨剤（スラリー）S L を供給することも可能である。

また、通電軸 2 0 は、ロータリジョイント 1 6 と、電極板 2 3 とを電氣的に接続する役割を果たしている。

ロータリジョイント 1 6 は、例えば電解電源 6 1 のマイナス極と電氣的に接続されており、通電軸 2 0 が回転しても通電軸 2 0 への通電を維持する。

【 0 0 9 8 】

電解電源（電流供給手段）6 1 は、上記のロータリジョイント 1 6 と通電ブラ

シ 2 7 との間 に 所 定 の電 圧 を印 加 する。

ロータリジョイント 1 6 と通電ブラシ 2 7 との間 に電 圧 を印 加 するこ とによ っ て、被電解加工対象物であるウェーハ W 1 1 の表面に形成された銅膜とワイパ 2 4 を介した電極板 2 3 との間には電位差が発生する。

電解電源 6 1 には、常に一定の電圧を出力する定電圧電源ではなく、好ましくは、電圧を一定周期でパルス状に出力する、例えば、スイッチング・レギュレータ回路を内蔵した電源を使用する。

具体的には、パルス状の電圧を一定周期で出力し、パルス幅を適宜変更可能な電源を使用する。一例としては、出力電圧が DC 5 V、最大出力電流が 2 ～ 3 A、パルス幅が 1, 2, 5, 10, 20, 50 msec のいずれかに変更可能なものを使用する。

【 0 0 9 9 】

上記のような幅が短いパルス状の電圧出力とするのは、1 パルス当たりの陽極酸化量を非常に小さくするためである。すなわち、ウェーハ W の表面に形成された銅膜の凹凸に接触した場合などにみられる極間距離の急変による放電、気泡やパーティクルなどが介在した場合におこる電気抵抗の急変によるスパーク放電など、銅膜の突発的かつ巨大な陽極酸化を防止し、できる限り小さなものの連続にするために有効である。

また、出力電流に比して出力電圧が比較的高いため、極間距離の設定にある程度のマージンを設定することができる。すなわち、極間距離が多少変わっても出力電圧が高いため電流値変化は小さい。

なお、印加するパルスとしては、上記に限られるものでなく、周期性パルスとして矩形パルス、サイン波形、スローブ波形、三角波形、PAM 波形を印加してもよい。

【 0 1 0 0 】

例えば、周期的な正 DC パルスで、パルス幅が約 5 ～ 10 msec、または、ON 期間が 20 ～ 50 msec、逆極性期間が 5 ～ 10 msec とすることができる。

この電圧レベルは 0.8 ～ 1.2 V の DC パルス、または、0.8 ～ 1.2 V の正電圧、-0.8 ～ -1.2 V の逆電圧とすることができる。

電流密度は、例えば、 10 mA/cm^2 程度の正流パルスまたは正流 10 mA/cm^2 かつ逆流 2 mA/cm^2 の周期的パルスとすることができる。

【0101】

上記のように、被電解加工面上に電解液を供給し、電解電源により電極板 23 と被電解加工面に電圧を印加と、上述の機構により、被電解加工面が電解加工され、例えば、表面に凹凸を有する銅膜を加工すると、凹凸の段差が緩和され、あるいは平坦化される。

【0102】

上記の電解電流の値は、電解加工の品質に影響を及ぼし、印加電圧と、電極板 23 と被電解加工面の間の抵抗値に依存して決定される。

従って、電極板 23 と被電解加工面の間の距離 d は、例えば数 mm ～ 数 10 m の範囲で調節可能となっていることが好ましい。

本実施形態においては、実質的にワイパ 24 の厚さで決まる。

【0103】

電解電源 61 には、本発明の電流検出手段としての電流計 62 を備えていてもよく、この電流計は、電解電源 61 に流れる電解電流をモニタすることが可能で、モニタした電流値信号 62s をコントローラ 55 に出力する。

また、電解電源 61 は、電流検出手段に変わって抵抗値検出手段としての抵抗計を備えていてもよく、その役割は電流検出手段と同様である。

【0104】

コントローラ 55 は、電解加工装置の全体を制御する機能を有し、具体的には、主軸ドライバ 52 に対して制御信号 52s を出力して電解加工工具 11 の回転数を制御し、Z 軸ドライバ 51 に対して制御信号 51s を出力して電解加工工具 11 の Z 軸方向の位置決め制御を行い、テーブルドライバ 53 に対して制御信号 53s を出力してウェーハ W の回転数を制御し、X 軸ドライバ 54 に対して制御信号 54s を出力して、ウェーハ W の X 軸方向の速度制御を行う。

また、コントローラ 55 は、電解液供給装置 81 およびスラリー供給装置 71 の動作を制御し、加工ヘッド部への電解液 EL およびスラリー SL の供給動作を制御する。

【 0 1 0 5 】

また、コントローラ 5 5 は、電解電源 6 1 の出力電圧、出力パルスの周波数、出力パルスの幅などを制御可能となっている。

また、コントローラ 5 5 には、電解電源 6 1 の電流計 6 2 からの電流値信号 6 2 s が入力される。コントローラ 5 5 は、これら電流値信号 6 2 s に基づいて、電解加工装置の動作を制御可能となっている。

具体的には、電流値信号 6 2 s から得られる電解電流が一定となるように、電流値信号 6 2 s をフィードバック信号として Z 軸サーボモータ 3 1 を制御したり、電流値信号 6 2 s で特定される電流値に基づいて、電解加工を停止させるように電解加工装置の動作を制御する。

【 0 1 0 6 】

陰極部材と金属膜を流れる電流がステップ状に変化するように設定された周期性パルスを印加することが可能である。

例えば金属膜除去の初期においては、陰極部材と金属膜を流れる電流が徐々に増加するように設定された周期性パルスを印加する。これにより、電圧印加開始時などにおいて瞬間的に高電圧が印加されてしまい、除去される金属膜の表面状態が劣化するのを防止することができる。

また、金属膜除去の終点付近では、電流値信号 6 2 s が小さくなることから、所定のしきい値と比較して、当該しきい値よりも電流値信号 6 2 s が小さくなった場合には、終点付近であるとして出力パルスを小さくするように制御し、その後、パルスの出力を止めるように電解電源 6 1 へ制御信号を出力する。

【 0 1 0 7 】

コントローラ 5 5 に接続されたコントロールパネル 5 6 は、オペレータが各種のデータを入力したり、例えば、モニタリングした電流値信号 6 2 s を表示したりする。

【 0 1 0 8 】

次に、電解加工工具とウェーハおよび通電ブラシなどのレイアウトについて説明する。

図 8 は電解加工工具とウェーハおよび通電ブラシなどのレイアウトを模式的に

示す上面図である。

ウェーハテーブル 4 2 上に、ウェーハ W は被電解加工面を上面にして固定され、回転駆動されている。

ウェーハ W の被電解加工面に、押圧されて接触するように、電極板 2 3 およびワイパ 2 4 からなる電解加工工具 1 1 が、例えば 1 0 0 r p m (r o t a t i o n p e r m i n u t e) で回転し、かつ、例えば 3 0 m / 秒の速度で一方向に往復運動するように配置して構成されている。

ウェーハ W の被電解加工面の外周部端部に接触するように、電解電源のプラス極に通電された 1 個あるいは複数個の通電ブラシ 2 7 が、例えば、支持部 2 8 a , 2 8 b , 2 8 c などから構成される着脱可能なカートリッジとして、電解液浴槽 4 7 の壁面に固定されて配設されている。

上記カートリッジは、不図示のアーム部などにより移動可能となっており、また、ウェーハの外周部に対する位置を調整することが可能な構成となっている。

【 0 1 0 9 】

図 9 (a) は通電ブラシの上面図、図 9 (b) は装置に取り付けられた状態での側面図である。

通電ブラシ 2 7 は、平板状の基体 2 7 a と、曲線を描いて撓んでいる接点部 2 7 b とから構成されている。基体 2 7 a と接点部 2 7 b の境界は、接点部 2 7 b の曲がる方向と逆方向に折り曲げられており、いわゆる板バネ形状となっている。

通電ブラシ 2 7 は、電解液に不溶の材料かなり、例えば、銅やニッケルなどかなり、接点部 2 7 b 部分がプラチナでメッキされている。あるいは、全体をプラチナで構成してもよい。

【 0 1 1 0 】

上記の本実施形態に係る電解加工装置によれば、被加工対象物の被加工面に銅膜などの金属膜が形成されている場合に、電解液供給手段により、被加工対象物表面上に電解液を供給し、電源により電極板 2 3 と被加工対象物表面と間に電流を供給することで、被加工面の金属膜表層が陽極酸化し、イオン状態として、あるいは、キレート剤との反応によりキレート化して脆弱な膜として、ワイパによ

り払拭することで、陽極酸化された金属膜を除去することができ、低い押圧で効率的に被加工対象物の金属膜表面の段差を緩和あるいは平坦化するように、電解除去加工することができる。

単純な機械研磨と比較して、スクラッチの低減、段差緩和性能、ディッシングやエロージョンの低減などの面で非常に有利であり、有機系の低誘電率膜や多孔質低誘電率絶縁膜を層間絶縁膜に用いている被加工対象物を加工する場合に非常に有用である。

【0111】

第2実施形態

図10(a)は、本実施形態に係る電解加工装置の要部構成を示す模式図である。

実質的に第1実施形態に係る電解加工装置と同様の構成であり、陰極となる電極板23の加工面側にスペーサ25が配設されていることが異なる。

図10(b)は、スペーサ25の斜視図である。円柱状の基体に、電解液を通すための貫通孔25aが設けられている。

本実施形態に係る電解加工装置では、スペーサ25の厚さを変更することで、ウェーハWの被電解加工面と電極板23との間の距離を可変とすることができ、例えば数mm～数10mmの範囲で調節可能で、電解加工の品質を向上させるように、電解電流の値を調整することができる。

その他、第1実施形態と同様な効果を楽しむことができる。

【0112】

第3実施形態

図11(a)は、本実施形態に係る電解加工装置の要部であるウェーハおよび陰極となる電極板およびワイパのレイアウトを模式的に示す上面図であり、図11(b)は対応する模式図である。

本実施形態に係る電解加工装置では、第1実施形態および第2実施形態の電解加工装置と異なり、電極板およびワイパが分離された形態となっている。

即ち、回転駆動可能なウェーハテーブル42上に、ウェーハWは被電解加工面を上面にして固定され、回転駆動されており、ウェーハWの被電解加工面に対向

するように、電極支持部 34 に支持された陰極となる電極板 23 と、ワイパ支持部 35 に支持されたワイパ 24 がそれぞれ配設されている。

【0113】

電極支持部 34 は、電極板 23 を回転駆動して保持し、さらに支軸 AX を回転軸として回転可能となっている。退避位置にあるときからウェーハ W 対向位置に移動するときには、ウェーハ W に接触しないように、ウェーハ W に上面から所定の距離を有して回転するようになっており、電極板 23 がウェーハ W の上方に配置されたときに、例えば支軸 AX となる部分が上下方向に伸縮して電極板 23 が下降し、電極 23 はウェーハ W から所定の距離をもって非接触に保持される。支軸 AX となる部分の伸縮の調整により、ウェーハ W の被電解加工面と電極板 23 との距離を調整することが可能である。

電極板 23 は、必ずしもを回転駆動可能な構成となっていなくてもよい。

【0114】

一方、ワイパ支持部 35 は、ワイパ 24 を回転駆動して支持し、被電解加工面に所定の圧力を印加しながら、一方向に往復運動するように構成されている。ワイパ支持部 35 は、電極板が無いことを除いて、実質的に第 1 実施形態における電解加工工具保持部と同様の構成とすることができる。

ワイパ 24 の往復運動は、電極板 23 の回転運動と同期しており、電極板 23 が退避位置にあるときに、ワイパ 24 が図面上右の方向のウェーハ W の中心方向に移動し、ワイパ 24 が図面上左の方向のウェーハ W からはずれる方向に位置するときに、電極板 23 はウェーハ W と最も重なる面積が大きくなるように回転するように運動する。

【0115】

また、ウェーハ W の被電解加工面の外周部端部に接触するように、電解電源のプラス極に通電された 1 個あるいは複数個の通電ブラシ 27 が固定されて配設されている。

【0116】

上記の電解加工装置においては、ウェーハ W の被電解加工面上に電解液が供給され、電源により所定の電圧が電極板 23 とウェーハ W の被電解加工面に印加さ

れると、電極板 2 3 と対向する部分の被電解加工面で電解反応が発生する。

ウェーハ W は回転駆動されているので、ウェーハ W の電解反応が生じた部分は、回転して所定時間の後に、ワイパ 2 4 と対向する領域に進入し、被電解加工表面がワイパ 2 4 により払拭される。

上記の方法により、ウェーハ W の被電解加工面が電解加工される。

【 0 1 1 7 】

本実施形態に係る電解加工装置によれば、陰極となる電極板とワイパとを分離して配置しており、電極板とワイパの好ましい条件を満たすように、それぞれの位置、圧力または被電解加工面までの距離、回転速度などを設定可能である。

従って、電解加工の品質が向上するように、電極板とワイパの設定を行うことができる。

また、電解反応の後、所定時間を経過させてから払拭した方が好ましい場合に有利となり、例えば、ウェーハの回転数を調整することで、電解除去の速度を調節することができる。

その他、第 1 実施形態と同様な効果を楽しむことができる。

【 0 1 1 8 】

第 4 実施形態

図 1 2 (a) は、本実施形態に係る電解加工装置の要部であるウェーハおよび陰極となる電極板およびワイパのレイアウトを模式的に示す上面図であり、図 1 2 (b) は対応する模式図である。

実質的に第 3 実施形態に係る電解加工装置と同様の構成であるが、陰極となる電極板 2 3 およびワイパ 2 4 がそれぞれ楕円形状となっており、それぞれの長軸方向がぶつからないように、互い違いに逆方向に回転する構成となっていることが異なる。

本実施形態では、電極板 2 3 の退避およびワイパ 2 4 の往復運動などは不要で、ウェーハ W の全面を電解加工することができる。

【 0 1 1 9 】

第 5 実施形態

図 1 3 (a) は、本実施形態に係る電解加工装置の要部であるウェーハおよび

陰極となる電極板およびワイパのレイアウトを模式的に示す上面図であり、図 1 3 (b) は対応する模式図である。

本実施形態に係る電解加工装置では、第 3 実施形態同様に陰極となる電極板およびワイパが分離された形態となっており、陰極は、回転駆動しないで固定されて用いられる。

上記の電極板 2 3 は、略三日月状（略半円形状で、弦の一部に凹部が設けられている形状）となっており、被加工対象物表面の外周の一部を覆うように配置されて固定される。但し、図 1 3 (b) に示すように図面上上下に移動する調節は可能で、被電解加工面との距離を調整することができる。

さらに、例えば略三日月状の電極板 2 3 の輪郭の凹部が円形のワイパ 2 4 の外周に適合する形状である。

本実施形態では、電極板 2 3 の移動およびワイパ 2 4 の移動などは不要で、ウェーハ W の全面を電解加工することができる。

また、ウェーハ W の被電解加工面の外周部端部に接触する通電ブラシ 2 7 などのその他の構成は、第 3 実施形態と同様とすることができる。

【 0 1 2 0 】

本実施形態に係る電解加工装置では、陰極となる電極板 2 3 は固定されて用いられるので、その直径はウェーハ W の直径よりも大きく設定される。これは、小さい場合には、電極板 2 3 の外側に位置するウェーハ W の外周領域は電極板 2 3 と対向しない部分が存在し、電解加工されないで残ってしまうのを防止するためである。

【 0 1 2 1 】

ワイパ 2 4 およびワイパ支持部 3 5 は、第 3 実施形態と同様の構成とすることができる。

陰極となる電極板 2 3、陽極となる通電ブラシ 2 7、およびワイパ 2 4 はそれぞれ電解液浴槽 4 7 に溜められた電解液 E L に漬浸された状態に保たれ、通電ブラシ 2 7 から、ウェーハ W、電解液 E L を介して陰極となる電極板 2 3 への電流が流れる。

陰極となる電極は、固定されているが、ワイパ 2 4 およびワイパ支持部 3 5 と

ウェーハWはそれぞれ独立に回転し、ウェーハWの被電解加工面が電解加工される。

【0122】

本実施形態に係る電解加工装置によれば、陰極となる電極板とワイパとを分離して配置しており、電極板とワイパの好ましい条件を満たすように、それぞれの位置、圧力または被電解加工面までの距離、回転速度などを設定可能である。

従って、電解加工の品質が向上するように、電極板とワイパの設定を行うことができる。

また、電解反応の後、所定時間を経過させてから払拭した方が好ましい場合に有利となり、例えば、ウェーハの回転数を調整することで、電解除去の速度を調節することができる。

その他、第1実施形態と同様な効果を享受可能である。

【0123】

第6実施形態

図14(a)は、本実施形態に係る電解加工装置の要部であるウェーハおよび陰極および陽極となる電極およびワイパのレイアウトを模式的に示す上面図であり、図14(b)は対応する模式図である。

実質的に第3実施形態に係る電解加工装置と類似した構成であるが、ウェーハWの被電解加工面に対向する位置に配置された電極が同心円のリング状に2分割され、例えば径の大きい外側の電極23aが陽極となり、径の小さい内側の電極が陰極となり、通電ブラシなどの接触電極は設けられず、陽極となる電極23aおよび陰極となる電極23bはともに被電解加工面に非接触に配置される。

上記以外は、第3実施形態に係る電解加工装置と同様の構成である。

【0124】

上記の陽極となる電極23aおよび陰極となる電極23bは、ともに被電解加工面に非接触に配置された場合の通電の構成について説明する。

図15は、ウェーハWと2つの電極(23a, 23b)の配置を示す模式図である。

電極(23a, 23b)は絶縁性支持部34aに固定されており、電極(23

a, 23 b) 周辺において絶縁性支持部 34 a とウェーハ W の間隙は電解液 E L で満たされている。

【0125】

上記の状態、陽極となる電極 23 a および陰極となる電極 23 b に電圧を印加する場合を考える。

絶縁性支持部 34 a の抵抗 R_0 は非常に大きく、したがって、陽極となる電極 23 a から絶縁性支持部 34 a を介して陰極となる電極 23 b に流れる電流 i_0 はほぼ零である。

このため、陽極となる電極 23 a から陰極となる電極 23 b に流れる電流は、直接電解液 E L 中の抵抗 R_1 を経由して流れる電流 i_1 と、電解液 E L 中からウェーハ W の表層部を経由して再度電解液 E L 中を通して流れる電流 i_2 に分岐する。

【0126】

ここで、電解液 E L 中の抵抗 R_1 は、陽極となる電極 23 a および陰極となる電極 23 b との極間距離 D に比例して大きくなる。

一方、ウェーハ W の表層部を経由して流れる経路の抵抗 R_2 は、ウェーハ W と電極 (23 a, 23 b) との距離 d に比例する。

従って、極間距離 D をウェーハ W と電極 (23 a, 23 b) との距離 d よりも十分に大きくしておくことで、直接電解液 E L 中の抵抗 R_1 を経由して流れる電流 i_1 は非常に小さくなり、電流 i_2 が大きくなって、電解電流のほとんどはウェーハ W の表層部を経由することになる。

【0127】

このように電流がウェーハ W の表層部を経由すると、ウェーハ W の表層部の銅膜などの金属膜が電解液 E L の電解作用によって陽極酸化されることになり、上述のようにして、イオン状態として、あるいは電解液中のキレート剤により、キレート化されて、ワイパにより容易に払拭されて除去される。

【0128】

ウェーハ W の被電解加工面に対向する位置に配置された電極を分割するレイアウトは、上記の同心円のリング状の他、例えば図 16 の平面図に示すように、複

数個に分割された扇状の電極（23c, 23d）とし、各電極間が溝23eで分割されている構成とすることができる。また、扇状の電極（23c, 23d）で陽極（23c）と陰極（23d）とを交互に配置することができる。

この他、ウェーハWの被電解加工面に対向する位置に、被電解加工面に接触しないようにされていれば、複数個の電極を陽極および陰極として用いることができる。

さらに、分割された複数個の電極を全て陰極として用いることも可能であり、この場合には、接触電極で陽極を設ける。

【0129】

本実施形態に係る電解加工装置によれば、電極とワイパとを分離して配置しており、電極とワイパの好ましい条件を満たすように、それぞれの位置、圧力または被電解加工面までの距離、回転速度などを設定可能である。

従って、電解加工の品質が向上するように、電極板とワイパの設定を行うことができる。

また、電解反応の後、所定時間を経過させてから払拭した方が好ましい場合に有利となり、例えば、ウェーハの回転数を調整することで、電解除去の速度を調節することができる。

その他、第1実施形態と同様な効果を享受可能である。

【0130】

第7実施形態

図17（a）は、本実施形態に係る電解加工装置の要部であるウェーハおよび陰極となる電極板およびワイパのレイアウトを模式的に示す上面図であり、図17（b）は対応する模式図である。

実質的に第1実施形態に係る電解加工装置と同様であるが、ウェーハテーブル42上にウェーハWが被電解加工面を上面にして固定され、その被電解加工面上に電解加工工具保持部10に保持された、電極板23とそれを被覆するワイパ24とを備える電解加工工具11が設けられている。

但し、ウェーハWの外周部に着脱可能な円筒状のチャンバー部材41が配設されて、ウェーハWの被電解加工面とチャンバー部材41とから構成される電解液

チャンバーの内側をウェーハWの被電解加工面が臨む配置となっていることが異なる。

上記の構成の電解液チャンバーに電解液ELが溜められている。

【0131】

図17(c)は、ウェーハWの被電解加工面とチャンバー部材41の接触部分の拡大図である。円筒状のチャンバー部材41のウェーハWの被電解加工面に接触する部分は、ウェーハWの被電解加工面に通電する電極41aと、シール部材41bとを有している。

チャンバー部材41の電極41aは、電解電源61のプラス極と電氣的に接続されており、陽極となる。

また、シール部材が被電解加工面に密着して、電解液ELがチャンバーから漏れるのを防止している。

【0132】

上記の構成において、チャンバー部材41の電極41aを陽極とし、電解加工工具11の電極板23を陰極として、電源により電圧が印加される。

また、電解加工工具11は、電解加工工具保持部10により所定の圧力で被電解加工面に押圧され、かつ、電解加工工具保持部10の主軸回転による自転回転しながら、電解加工工具11の中心がウェーハWの中心を軸とする軌跡TRに沿うように被電解加工面上を公転回転する。

電解加工工具11の自転および公転速度は外部コントローラによって任意に設定可能で、電解加工速度や電解加工状態に応じて調整できる。

【0133】

上記の本実施形態に係る電解加工装置は、陽極となる電極がウェーハの外周部に全周に渡って設けられているので、安定して均一な電圧印加が可能で、電解加工を均一化できる。

また、本実施形態においても、第2実施形態のように電解加工工具11内にスペーサを組み込むことで、陰極となる電極板とウェーハの被電解加工面との距離を任意に調節することができ、良好な電解加工を行うことができる。

その他、第1実施形態と同様な効果を享受可能である。

【0134】

第8実施形態

図18は、本実施形態に係る電解加工装置の構成を示す模式図である。

従来の電解メッキ装置において、印加する電圧の極性を逆に設定することにより、電解除去加工を行う装置である。

電解除去チャンバーCB内に、被電解除去加工されるウェーハWが固定される。

電解液を供給する電解液供給口T1と、この下部に網目状に均一化された陰極となる電極23が設けられている。

一方、供給された電解液を排出するために電解液排出口T2が設けられている。

電解液供給口T1と一体となっている陰極となる電極23は、図面上、上下方向に移動する機構を備え、これと対向した位置に配置されるウェーハWの被電解加工面との距離が調節される。

【0135】

一方、ウェーハステージ42が回転駆動することでウェーハWは回転して保持され、さらにウェーハ表面にプラス電極が接続される。

電解液を介して数10mmの離れている陰極となる電極と、ウェーハW間に電流を流すことで、ウェーハWの被電解加工面が電解加工される。

本実施形態の電解加工装置は、被電解加工面を払拭するワイパを必要とせず、ウェーハ全面を同時に電解加工できる。

【0136】

第9実施形態

図19(a)は、本実施形態に係る電解加工装置の要部であるウェーハおよび陰極となる電極板およびワイパのレイアウトを模式的に示す上面図であり、図19(b)は対応する模式図である。

電解液ELが溜められた電解液浴槽47の底部に、被電解加工対象物であるウェーハWよりも径が大きい陰極となる電極板23'とワイパ24とが備えられている。電極板23'は表面がメッシュ状となっている。

電解除去加工を行うには、被電解加工面と電極板 2 3' に所定の電圧を印加した状態で、ウェーハ W をウェーハ支持部 3 6 に備えられたチャック C に固定し、被電解加工面をワイパ 2 4 側に向けて押圧し、ウェーハ支持部 3 6 の回転により自転回転をさせる一方で、電解液浴槽 4 7 を支持する浴槽保持部 4 7 a の回転によりワイパ 2 4 上を公転回転させる。

陰極となる電極板 2 3' は固定されていてもよいが、回転させてもよい。陰極となる電極板 2 3' はウェーハ W に対して相対的に移動する構成とする。

上記の構成では、ウェーハ W の被電解加工面は全面にワイパ 2 4 側に向けて押圧されているため、被電解加工面に陽極を接続するには、図 1 9 (c) の断面図に示すように、ウェーハ W 表層に配線用層 1 0 5 などの被加工層を形成するとき、予めウェーハの側面に張り出すように形成しておき、この張出部を介して陽極を接続する。

【 0 1 3 7 】

図 2 0 は、上記の本実施形態に係る電解加工装置を用いて電解加工するときの、電解電流を電解加工処理時間に対してプロットした図である。

電解加工処理の開始とともに電解電流は立ち上がり、被電解加工面において銅膜などの金属層が除去され、下層のバリアメタル層や絶縁層が露出してくると、電解電流は急激に低下する。従って、例えば電解電流の値が所定値以下にて一定となったところで電解加工処理の終点 E とし、処理を終了する。

【 0 1 3 8 】

上記の本実施形態に係る電解加工装置によれば、第 1 実施形態と同様に、被加工面の金属膜表層を陽極酸化し、ワイパにより払拭することで陽極酸化された金属膜を除去することができ、低い押圧で効率的に被加工対象物の金属膜表面の段差を緩和あるいは平坦化するように、電解除去加工することができる。

【 0 1 3 9 】

第 1 0 実施形態

図 2 1 は、本実施形態に係る電解加工装置の要部の模式図である。

実質的に第 9 実施形態に電解加工装置と同様の構成であるが、電解液 E L が溜められた電解液浴槽 4 7 の底部に、陰極となる電極板 2 3 が設けられ、電極板 2

3 を円筒状に上方から被覆するように配置されたワイパ支持台 2 6 を設け、この上層にワイパ 2 4 が設けられていることが異なる。

ワイパ支持台 2 6 には、電解液の通路となる複数の貫通孔 2 6 a が設けられている。

電解除去加工を行うには、第 9 実施形態同様に、被電解加工面と電極板 2 3 に所定の電圧を印加した状態で、ウェーハ W をウェーハ支持部 3 6 に備えられたチャック C に固定し、被電解加工面をワイパ 2 4 側に向けて押圧し、ウェーハ支持部 3 6 の回転により自転回転をさせる一方で、電解液浴槽 4 7 を支持する浴槽保持部 4 7 a の回転によりワイパ 2 4 上を公転回転させる。

【 0 1 4 0 】

上記の本実施形態に係る電解加工装置によれば、ワイパ支持台 2 6 の高さにより、ウェーハ W の被電解加工面と電極板 2 3 との間の距離を可変とすることができ、例えば数 mm ～ 数 1 0 mm の範囲で調節可能で、電解加工の品質を向上させるように、電解電流の値を調整することができる。

その他、第 1 実施形態と同様な効果を楽しむことができる。

【 0 1 4 1 】

第 1 1 実施形態

図 2 2 (a) は本実施形態に係る電解加工装置の要部であるウェーハおよび陰極となる電極板およびワイパのレイアウトを模式的に示す上面図であり、図 2 2 (b) は対応する模式図である。

本実施形態においては、ワイパが帯状に長く形成されており、ローラによる送り機構が設けられていることが上記の第 1 ～ 1 0 実施形態と異なる。

即ち、電解液 E L が溜められた電解液浴槽 4 7 の底部に、回転駆動可能なウェーハ支持部 3 6 とチャック C が設けられ、ウェーハが被電解加工面を上面にして固定されている。

ウェーハ W の被電解加工面に接触するように帯状ワイパ 2 4 b が配置され、ローラ R により一方向に送られる機構となっている。上記のローラ R は、それぞれ各支持軸を中心に回転可能となっている。

帯状ワイパ 2 4 b を介して、被電解加工面に対向するように、回転駆動可能な

電極支持部 34 に装着され、被電解加工面よりも径の大きい陰極となる電極板 23 が配置される。

さらに、帯状ワイパ 24b の幅をウェーハ W の被電解加工面の径よりも短く設定し、帯状ワイパ 24b で覆われていない被電解加工面の端部において陽極となる通電ブラシ 27 が接触して設けられている。

【0142】

電解除去加工を行うには、被電解加工面と電極板 23 に所定の電圧を印加した状態で、ウェーハ W を回転駆動する一方で、帯状ワイパ 24b を介して被電解加工面に押圧しながら電極板 23 を回転駆動し、さらに帯状ワイパ 24b をローラ R によって送り、一方向に移動させる。電極板 23 は、必ずしも回転駆動する必要はなく、例えば帯状ワイパ 24b を介して被電解加工面に対向する位置で往復運動をする構成としてもよい。

帯状ワイパ 24b は、予めロール状に形成しておき、電解液浴槽 47 の近傍で引き出してウェーハ W の被電解加工面上に導き、電解液浴槽 47 の外部で巻き取って用いることや、帯状ワイパ 24b の端部同士を予め繋げて環状に形成しておくことで電解加工装置内でエンドレスに用いることができる。

【0143】

上記の本実施形態に係る電解加工装置によれば、第 1 実施形態と同様に、被加工面の金属膜表層を陽極酸化し、ワイパにより払拭することで陽極酸化された金属膜を除去することができ、低い押圧で効率的に被加工対象物の金属膜表面の段差を緩和あるいは平坦化するように、電解除去加工することができる。

【0144】

第 12 実施形態

図 23 (a) は本実施形態に係る電解加工装置の要部であるウェーハおよび陰極となる電極板およびワイパのレイアウトを模式的に示す上面図であり、図 23 (b) は対応する模式図である。

本実施形態は第 11 実施形態の電解加工装置に類似しており、ワイパが帯状に長く形成されており、ローラによる送り機構が設けられていることが共通となっているが、電解液 EL が溜められた電解液浴槽 47 の底部に、回転駆動可能な電

極支持部 3 4 が設けられて、陰極となる電極板 2 3 が固定されており、電極板 2 3 上に帯状ワイパ 2 4 b が配置され、ローラ R により一方向に送られる機構となっており、帯状ワイパ 2 4 b を介して、回転駆動可能なウェーハ支持部 3 6 のチャック C に固定されたウェーハ W の被電解加工面を帯状ワイパ 2 4 b 側に向けて配置した構成となっている。

【 0 1 4 5 】

上記の本実施形態に係る電解加工装置では、ウェーハ W の被電解加工面は全面にワイパ 2 4 側に向けて押圧されているため、図 1 9 (c) の断面図に示すように、ウェーハ W 表層に配線用層 1 0 5 などの被加工層を形成するときに、予めウェーハの側面に張り出すように形成しておき、この張出部を介して陽極を接続する。

【 0 1 4 6 】

上記の本実施形態に係る電解加工装置では、電解加工を行うときに、ウェーハ支持部により所定の圧力で被電解加工面を押圧し、かつ、ウェーハ支持部 3 4 の回転による自転回転をしながら、ウェーハ W の中心が所定の円状の軌跡 T R に沿うように帯状ワイパ 2 4 b 上を公転回転するように、ウェーハ W を移動させることができる。

【 0 1 4 7 】

(変形例 1)

図 2 4 (a) は、第 1 1 実施形態において、帯状ワイパ 2 4 b の端部同士を予め繋げて環状に形成しておくことで電解加工装置内をエンドレスに移動可能な構成とした電解加工装置の模式図である。

電解液は、第 1 1 実施形態に示すように、電解液浴槽に溜めても、ディスペンサなどの不図示の供給手段により電解加工面に供給する構成としてもよい。

【 0 1 4 8 】

(変形例 2)

図 2 4 (b) は、第 1 2 実施形態において、帯状ワイパ 2 4 b の端部同士を予め繋げて環状に形成しておくことで電解加工装置内をエンドレスに移動可能な構成とした電解加工装置の模式図である。

電解液は、第 11 実施形態に示すように、電解液浴槽に溜めても、ディスペンサなどの不図示の供給手段により電解加工面に供給する構成としてもよい。

【0149】

(変形例 3)

図 24 (c) は、第 12 実施形態において、電解液浴槽 47 の近傍に配置されたロール R a から帯状ワイパ 24 b を引き出してウェーハ W の被電解加工面上に導き、電解液浴槽 47 の外部でロール R b に巻き取って用いる構成とした電解加工装置の模式図である。

【0150】

(変形例 4)

図 25 (a) は、変形例 2 において、ウェーハ W の被電解加工面を垂直に配置し、帯状ワイパ 24 b の移動方向を上下方向とした電解加工装置の模式図である。

電解液は、帯状ワイパ 24 b が電解液浴槽 47 a を通過するときにワイパ中に電解液がしみ込み、ウェーハ W の被電解加工面に供給される構成である。

【0151】

(変形例 5)

図 25 (b) は、変形例 2 において、ウェーハ W の被電解加工面を垂直に配置し、帯状ワイパ 24 b の移動方向を左右方向とした電解加工装置の模式図である。

電解液は、ディスペンサなどの不図示の供給手段により電解加工面に供給することができる。

【0152】

第 13 実施形態

図 26 (a) は本実施形態に係る電解加工装置の要部であるウェーハおよび陰極となる電極板およびワイパのレイアウトを模式的に示す上面図であり、図 26 (b) は対応する模式図である。

本実施形態においては、第 11 および 12 実施形態と同様に、ワイパが帯状に長く形成されている。

電解液 E L が溜められた電解液浴槽 4 7 の底部に、回転駆動可能なウェーハ支持部 3 6 とチャック C が設けられ、ウェーハが被電解加工面を上面にして固定されている。

帯状ワイパ 2 4 b は、電解液浴槽 4 7 中に沈められた 3 つのローラ R と液面近傍に配置された 2 つのローラ R' に引き回され、電解液浴槽 4 7 中に導かれている。上記のローラ (R, R') は、それぞれ各支持軸を中心に回転可能となっている。

ここで、帯状ワイパ 2 4 b は、電解液浴槽 4 7 中に沈められた 3 つローラにより、ウェーハ W の被電解加工面に当接し、ローラにより送られて帯状ワイパ 2 4 b が一方向に移動することで、ウェーハ W の被電解加工面を払拭するように構成されている。

【0153】

本実施形態に係る電解加工装置では、液面近傍において、被電解加工面に対向するように配置された 2 つのローラ R' が陰極となる電極 2 3 を兼ねて構成される。

さらに、帯状ワイパ 2 4 b が接触していない部分で、例えば 2 個の陽極となる通電ブラシ 2 7 が接触して設けられている。

【0154】

電解除去加工を行うには、被電解加工面とローラ R' (電極 2 3) に所定の電圧を印加した状態で、ウェーハ W を回転駆動する一方で、帯状ワイパ 2 4 b をローラ R によって送り、一方向に移動させる。

帯状ワイパ 2 4 b は、電解液浴槽 4 7 の近傍に配置されたロール R a から引き出され、電解液浴槽 4 7 の外部でロール R b に巻き取られる構成とすることができる。

また、帯状ワイパ 2 4 b の端部同士を予め繋げて環状に形成しておくことで電解加工装置内でエンドレスに用いてもよい。

【0155】

上記の本実施形態に係る電解加工装置によれば、被電解加工面とローラ R' (電極 2 3) に所定の電圧を印加したときに、被電解加工面とローラ R' の間隙に

は電解液があるのみで、ワイパを介しての通電ではなく、電流効率が高い利点がある。

また、帯状ワイパと電極が干渉しないという利点も有している。

さらに、ローラ R'（電極 2 3）の位置を変更することで、ウェーハ W の被電解加工面と電極 2 3 との間の距離を可変とすることができ、例えば数 mm ～ 数 10 mm の範囲で調節可能で、電解加工の品質を向上させるように、電解電流の値を調整することができる。

その他、第 1 実施形態と同様に、被加工面の金属膜表層を陽極酸化し、ワイパにより払拭することで陽極酸化された金属膜を除去することができ、低い押圧で効率的に被加工対象物の金属膜表面の段差を緩和あるいは平坦化するように、電解除去加工することができる。

【0156】

本実施形態に係る電解加工装置は、ウェーハが被電解加工面を上面にして固定されている構成であるが、ローラの構成や帯状ワイパとウェーハの配置を変更することで、ウェーハが被電解加工面を下面にして固定されている構成にも対応することができる。

【0157】

以上、本発明を 13 実施形態により説明したが、本発明は上記実施形態に限定されない。

例えば、電解液の組成は、上記の説明に限定されず、種々の添加剤や、例示以外の光沢剤またはキレート剤などを用いることも可能である。

その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

【0158】

【発明の効果】

本発明の電解加工装置によれば、被加工対象物の被加工面に銅膜などの金属膜が形成されている場合に、電解液供給手段により、被加工対象物表面上に電解液を供給し、電源により電極板と被加工対象物表面と間に電流を供給することで、被加工面の金属膜表層が陽極酸化し、イオン状態として、あるいは、キレート剤との反応によりキレート化して脆弱な膜として、ワイパにより払拭することで、

陽極酸化された金属膜を除去することができ、低い押圧で効率的に被加工対象物の金属膜表面の段差を緩和あるいは平坦化するように、電解除去加工することができる。

単純な機械研磨と比較して、スクラッチの低減、段差緩和性能、ディッシングやエロージョンの低減などの面で非常に有利であり、有機系の低誘電率膜や多孔質低誘電率絶縁膜を層間絶縁膜に用いている被加工対象物を加工する場合に非常に有用である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は、本発明の半導体装置の製造方法の製造工程を示す断面図であり、(a) は半導体基板への絶縁膜形成工程まで、(b) はコンタクトホールおよび配線用溝の形成工程まで、(c) はバリヤ膜の形成工程までを示す。

【図 2】

図 2 は、図 1 の続きの工程を示し、(d) はシード膜としての銅膜の形成工程まで、(e) は銅膜の形成工程までを示す。

【図 3】

図 3 は、図 2 の続きの工程を示し、(f) は銅膜の陽極酸化の工程まで、(g) はキレート膜の形成工程までを示す。

【図 4】

図 4 は、図 3 の続きの工程を示し、(h) は凸部のキレート膜の除去工程まで、(i) はキレート膜の再形成工程までを示す。

【図 5】

図 5 は、図 4 の続きの工程を示し、(j) は銅膜の平坦化工程まで、(k) は余分な銅膜の除去工程まで、(l) はバリヤ膜の露出工程までを示す。

【図 6】

図 6 は、第 1 実施形態に係る電解加工装置の構成を示す模式図である。

【図 7】

図 7 は、第 1 実施形態に係る電解加工装置の電解加工工具保持部部分の構成を示す模式図である。

【図 8】

図 8 は電解加工工具とウェーハおよび通電ブラシなどのレイアウトを模式的に示す上面図である。

【図 9】

図 9 (a) は通電ブラシの上面図、図 9 (b) は装置に取り付けられた状態での側面図である。

【図 10】

図 10 (a) は、第 2 実施形態に係る電解加工装置の要部構成を示す模式図であり、図 10 (b) は、スペーサ 25 の斜視図である。

【図 11】

図 11 (a) は、第 3 実施形態に係る電解加工装置の要部レイアウトを模式的に示す上面図であり、図 11 (b) は対応する模式図である。

【図 12】

図 12 (a) は、第 4 実施形態に係る電解加工装置の要部レイアウトを模式的に示す上面図であり、図 12 (b) は対応する模式図である。

【図 13】

図 13 (a) は、第 5 実施形態に係る電解加工装置の要部レイアウトを模式的に示す上面図であり、図 13 (b) は対応する模式図である。

【図 14】

図 14 (a) は、第 6 実施形態に係る電解加工装置の要部レイアウトを模式的に示す上面図であり、図 14 (b) は対応する模式図である。

【図 15】

図 15 は、第 6 実施形態に係る電解加工装置でのウェーハと電極の配置を示す模式図である。

【図 16】

図 16 は、電極間が溝で分割されている複数個の扇状の電極を配置した電極の平面図である。

【図 17】

図 17 (a) は、第 7 実施形態に係る電解加工装置の要部レイアウトを模式的

に示す上面図であり、図 1 7 (b) は対応する模式図であり、図 1 7 (c) は、ウェーハの被電解加工面とチャンバー部材の接触部分の拡大図である。

【図 1 8】

図 1 8 は、第 8 実施形態に係る電解加工装置の構成示す模式図である。

【図 1 9】

図 1 9 (a) は、第 9 実施形態に係る電解加工装置の要部レイアウトを模式的に示す上面図であり、図 1 9 (b) は対応する模式図であり、図 1 9 (c) はウェーハへの通電方法を示す模式的断面図である。

【図 2 0】

図 2 0 は、上記の第 9 実施形態に係る電解加工装置を用いて電解加工するときの、電解電流を電解加工処理時間に対してプロットした図である。

【図 2 1】

図 2 1 は、第 1 0 実施形態に係る電解加工装置の要部の模式図である。

【図 2 2】

図 2 2 (a) は第 1 1 実施形態に係る電解加工装置の要部レイアウトを模式的に示す上面図であり、図 2 2 (b) は対応する模式図である。

【図 2 3】

図 2 3 (a) は第 1 2 実施形態に係る電解加工装置の要部レイアウトを模式的に示す上面図であり、図 2 3 (b) は対応する模式図である。

【図 2 4】

図 2 4 (a) は変形例 1 に係る電解加工装置の模式図、図 2 4 (b) は変形例 2 に係る電解加工装置の模式図、図 2 4 (c) は変形例 3 に係る電解加工装置の模式図である。

【図 2 5】

図 2 5 (a) は変形例 4 に係る電解加工装置の模式図、図 2 5 (b) は変形例 5 に係る電解加工装置の模式図である。

【図 2 6】

図 2 6 (a) 第 1 3 本実施形態に係る電解加工装置の要部レイアウトを模式的に示す上面図であり、図 2 6 (b) は対応する模式図である。

【図 27】

図 27 は、従来例に係るデュアルダマシン法による銅配線の形成方法の製造工程を示す断面図であり、(a) は層間絶縁膜の形成工程まで、(b) は配線用溝およびコンタクトホール形成工程まで、(c) はバリヤ膜の形成工程までを示す。

【図 28】

図 28 は、図 27 の続きの工程を示し、(d) はシード膜の形成工程まで、(e) は配線用層の形成工程まで、(f) は配線形成工程までを示す。

【図 29】

図 29 は、CMP 法による銅膜電解加工工程において発生するディッシングを説明するための断面図である。

【図 30】

図 30 は、CMP 法による銅膜電解加工工程において発生するエロージョンを説明するための断面図である。

【図 31】

図 31 は、CMP 法による銅膜電解加工工程において発生するリセスを説明するための断面図である。

【図 32】

図 32 は、CMP 法による銅膜電解加工工程において発生するスクラッチおよびケミカルダメージを説明するための断面図である。

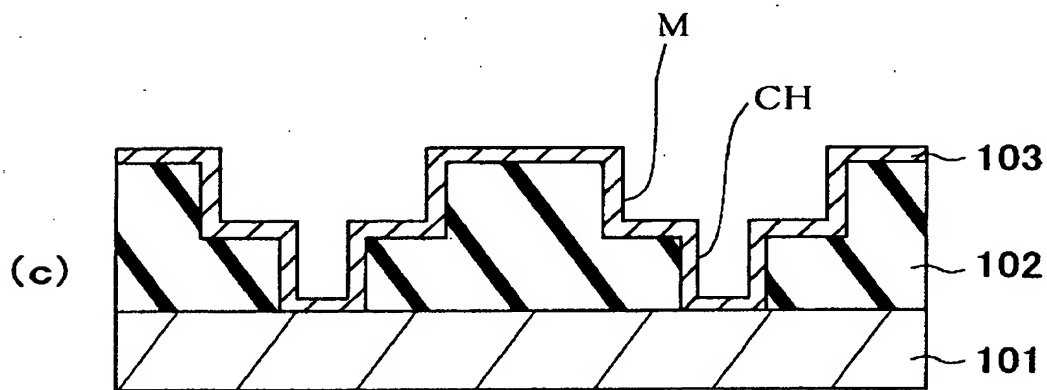
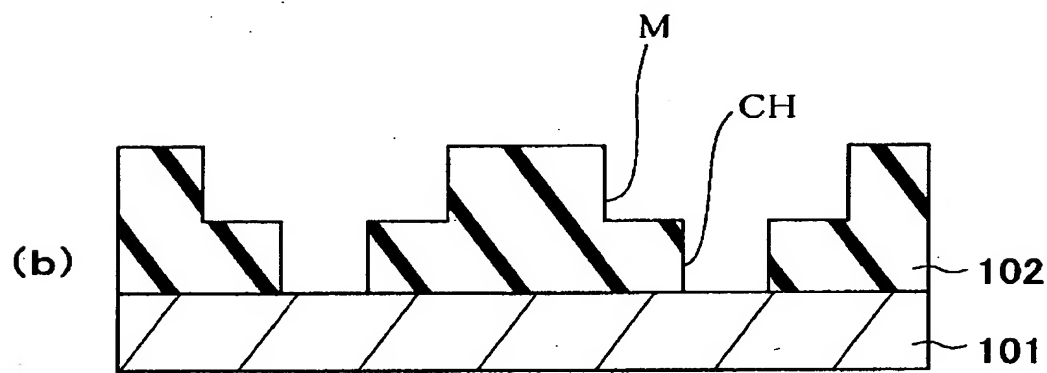
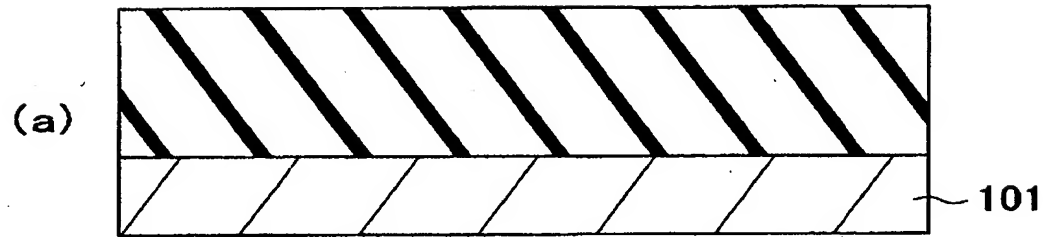
【符号の説明】

10…電解加工工具保持部、11…電解加工工具、12…保持部材、12a…連結部材保持部、12b…連結部材、12c…弾性部材、12d…絶縁板、13…保持装置、13a…主軸、14…主軸モータ、15…シリンダ装置、15a…ピストン、15b…ピストンロッド、15c…押圧部材、16…ロータリジョイント、20…通電軸、20a…配線、23, 23'…電極(板)、23a, 23b, 23c, 23d…電極、23e…溝、24…ワイパ、24a…オーリング、24b…帯状ワイパ、25…スペーサ、25a…貫通孔、27…通電ブラシ、27a…基体、27b…接点部、28a, 28b, 28c…支持部、30…Z軸位

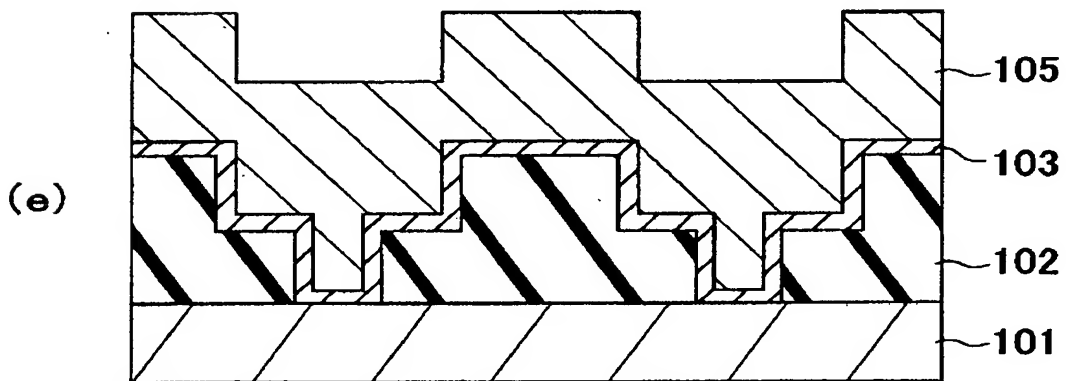
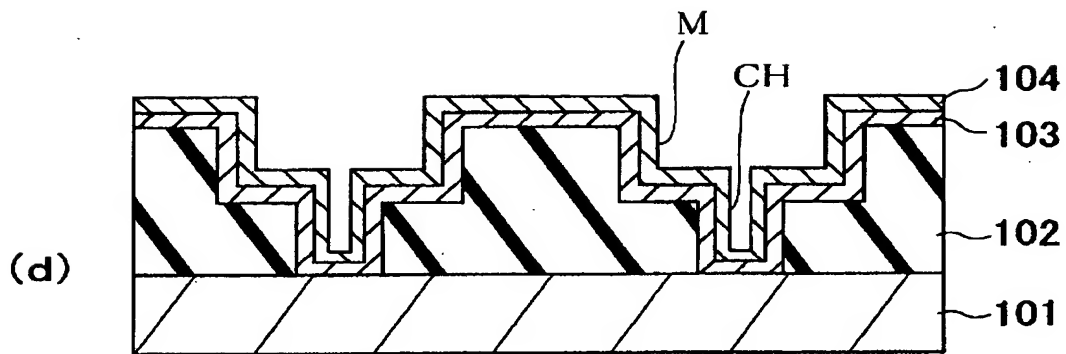
置決め機構部、31…Z軸サーボモータ、31a…ボールネジ軸、32…Z軸スライダ、33…ガイドレール、34…電極支持部、35…ワイパ支持部、36…ウェーハ支持部、40…X軸移動機構部、42…ウェーハテーブル、44…駆動モータ、45…保持装置、46…ベルト、47、47a…電解液浴槽、48…X軸スライダ、49…X軸サーボモータ、49a…ボールネジ軸、49b…可動部材、51…Z軸ドライバ、52…主軸ドライバ、53…テーブルドライバ、54…X軸ドライバ、55…コントローラ、56…コントロールパネル、61…電解電源、62…電流計、71…スラリー供給装置、81…電解液供給装置、101、301…半導体基板、102、302…層間絶縁膜、103、305…バリヤ膜、104、306…シード膜、105、307…銅膜、106…キレート膜、120…陰極部材、308…銅配線、AX…支軸、C…チャック、CD…ケミカルダメージ、CH…コンタクトホール、EL…電解液、H…通気孔、M…溝、R、R'…ローラ、Ra、Rb…ロール、SC…スクラッチ、SL…スラリー、TR…軌跡、W…ウェーハ。

【書類名】 図面

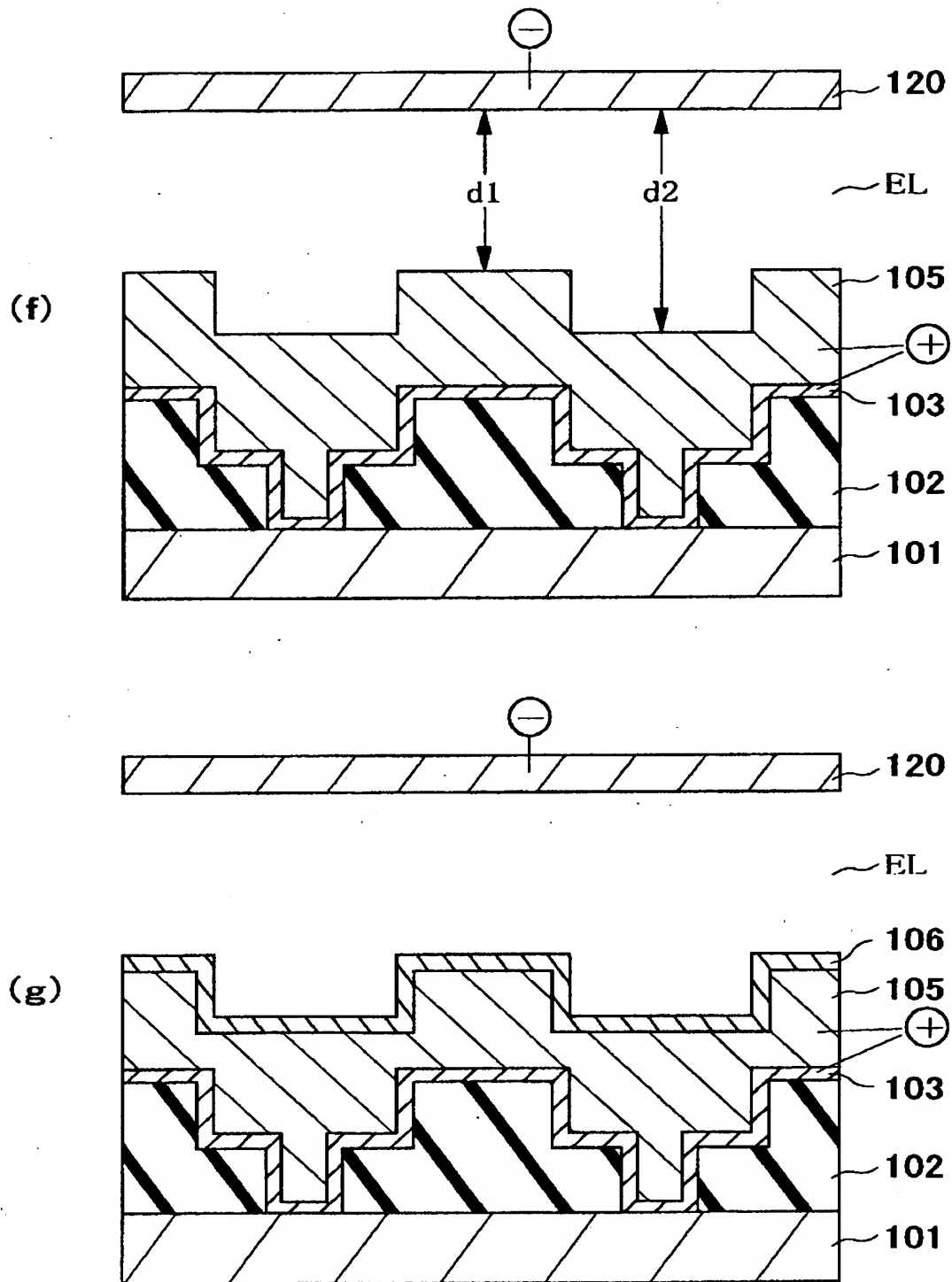
【図1】



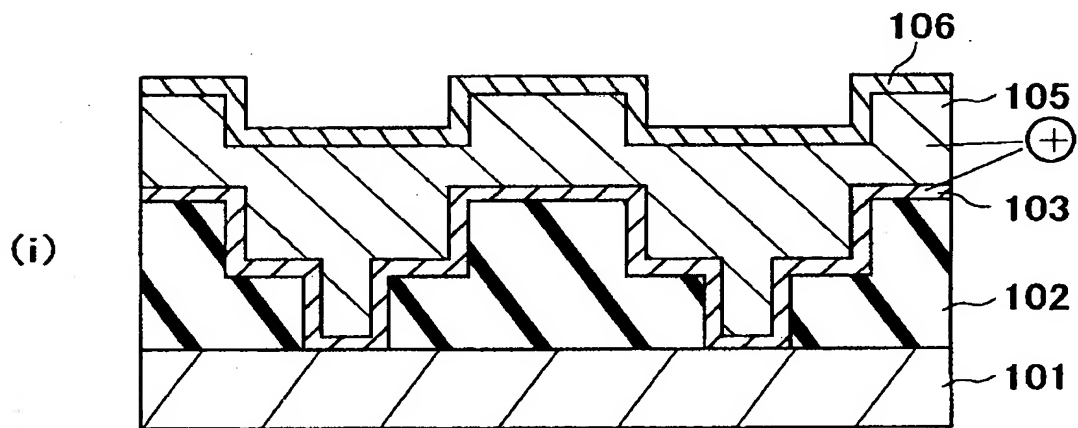
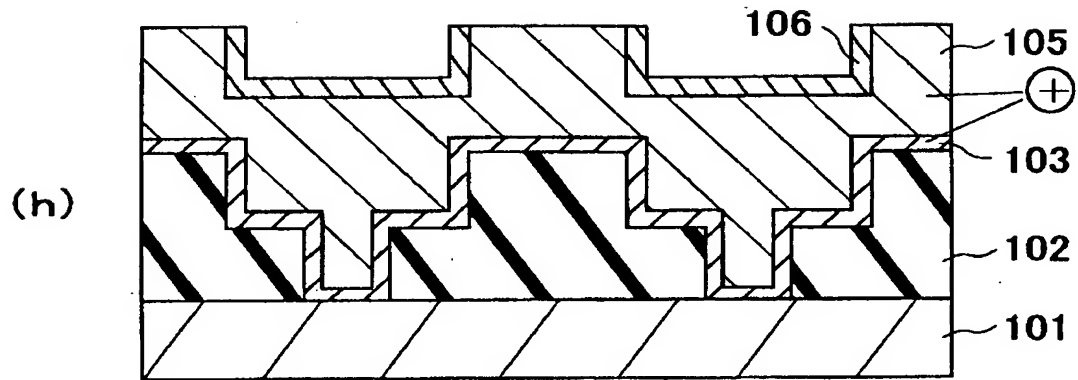
【図 2】



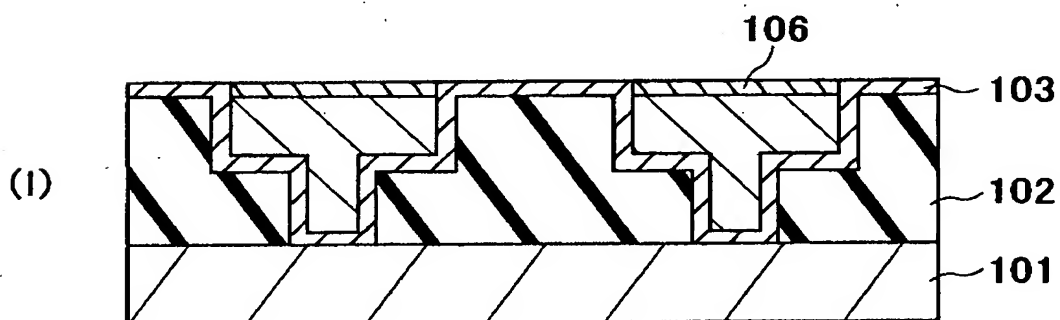
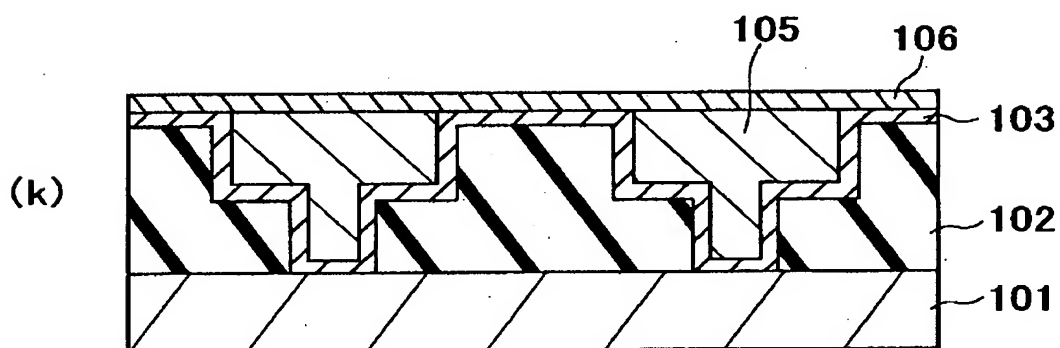
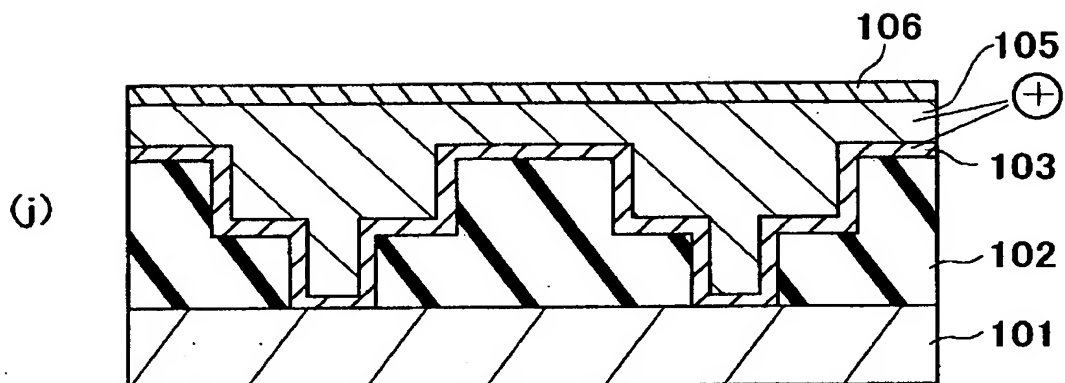
【図 3】



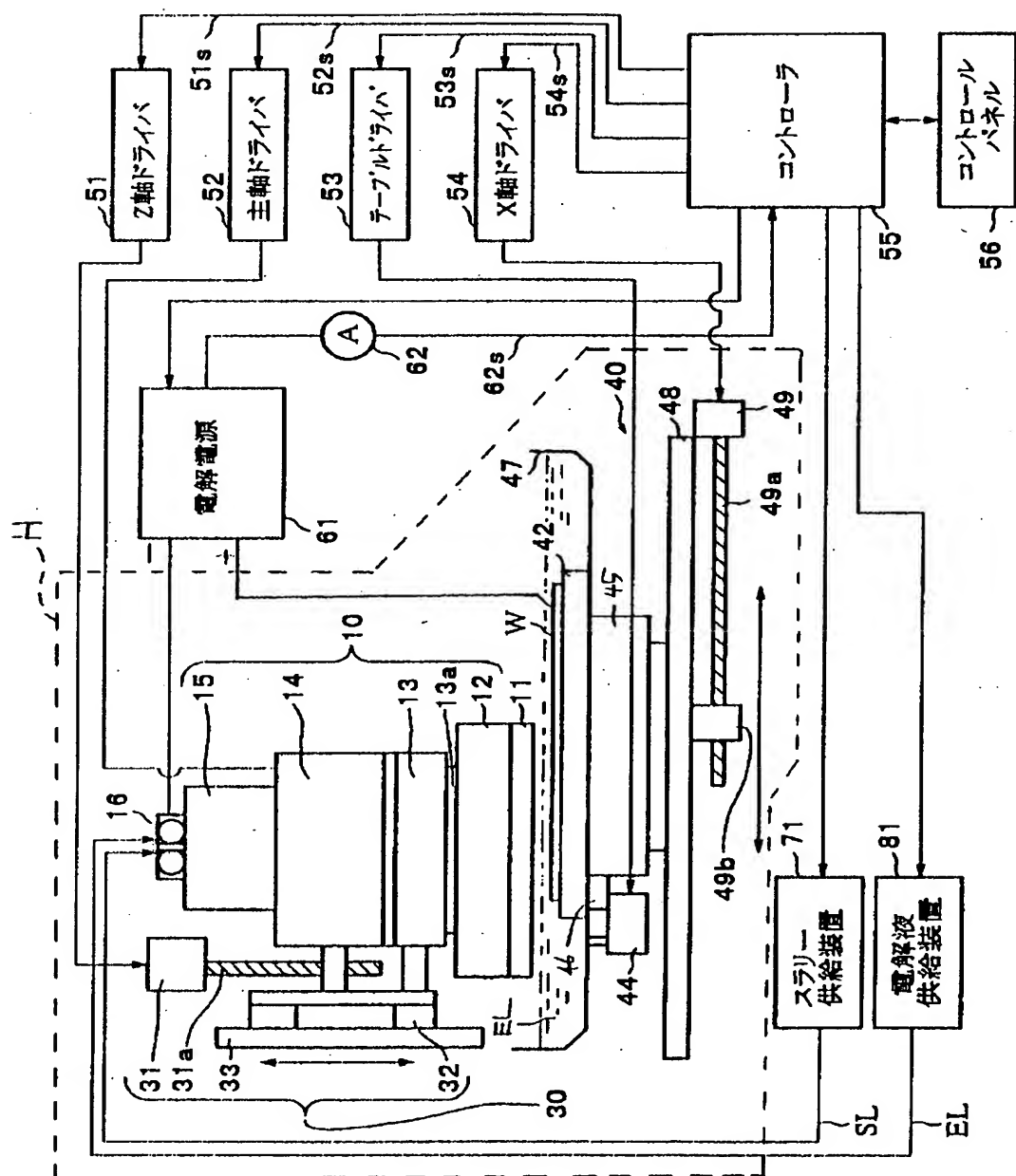
【図 4】



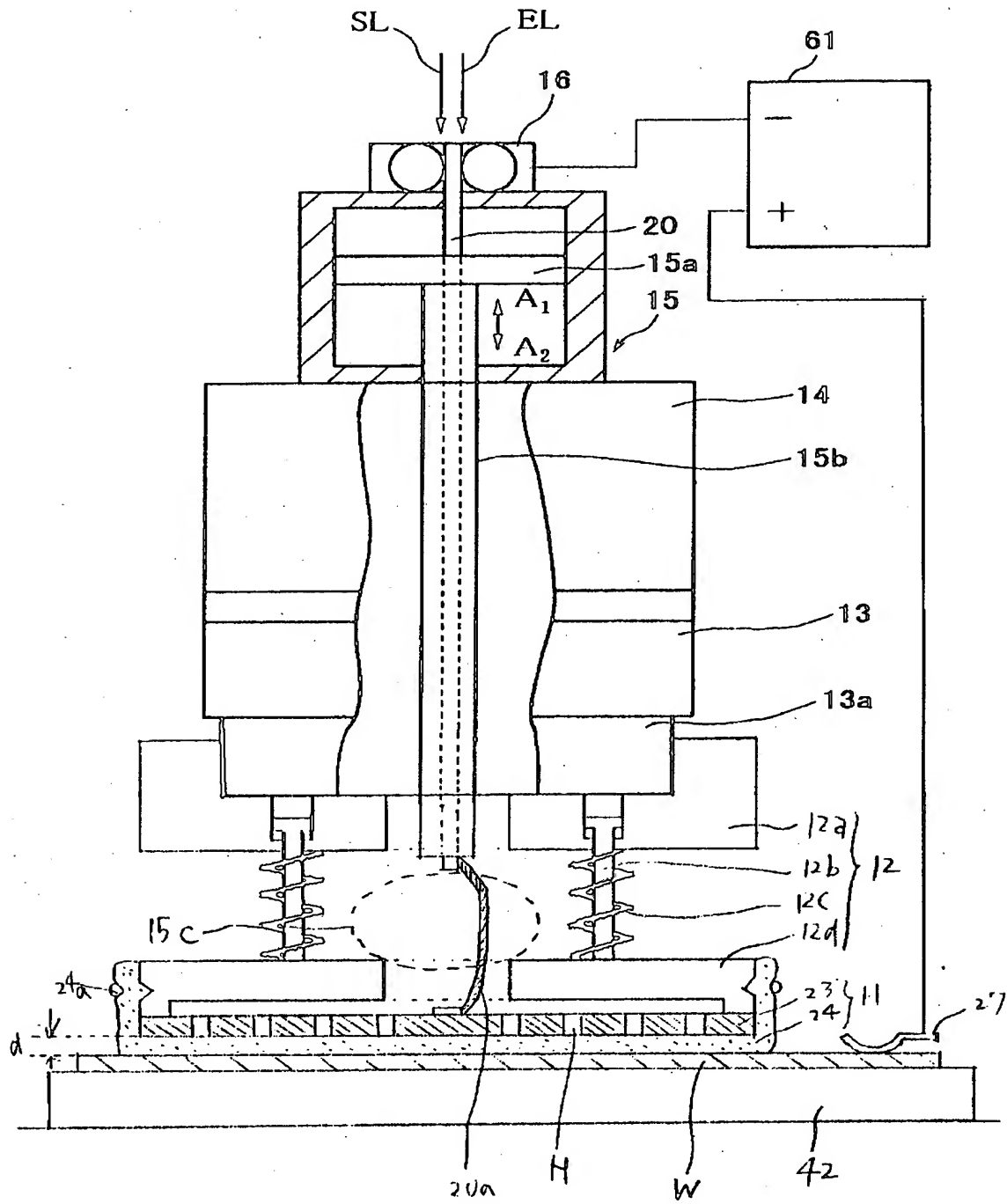
【図 5】



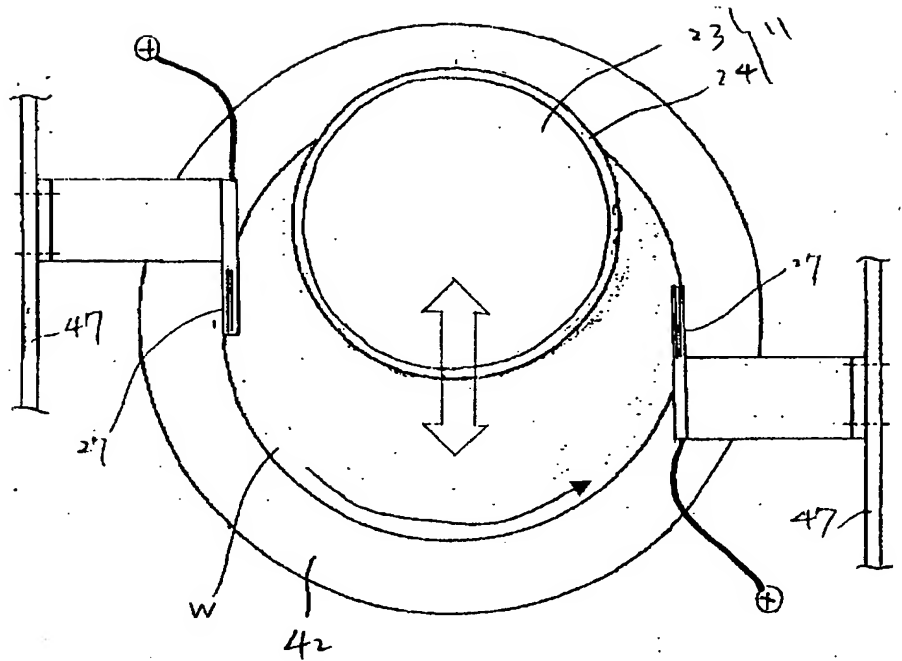
【図 6】



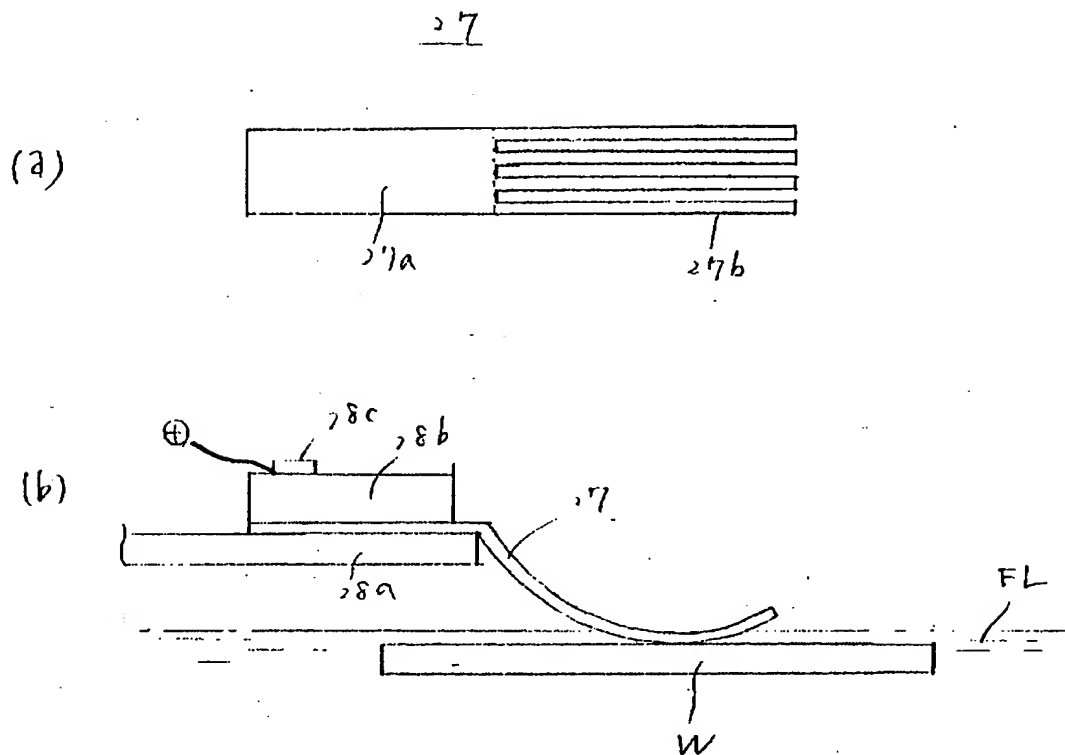
【図 7】



【図 8】

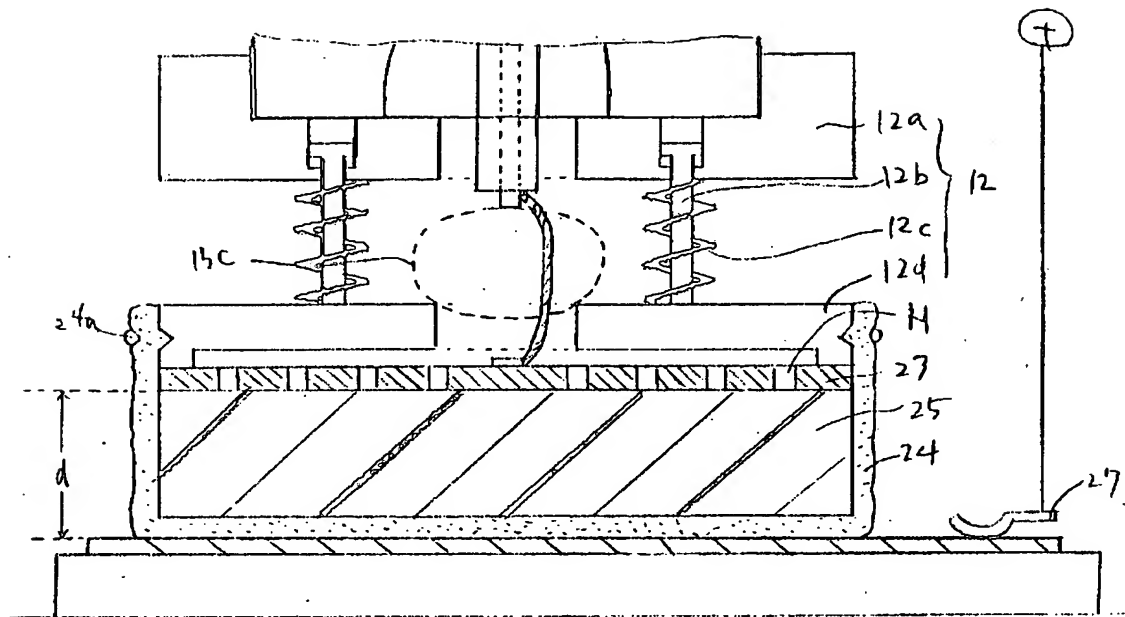


【図9】

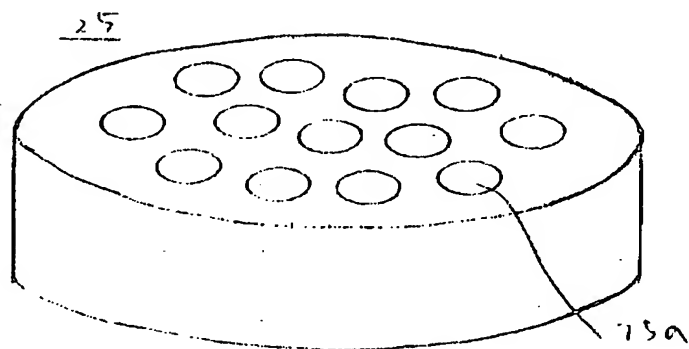


【図10】

(a)

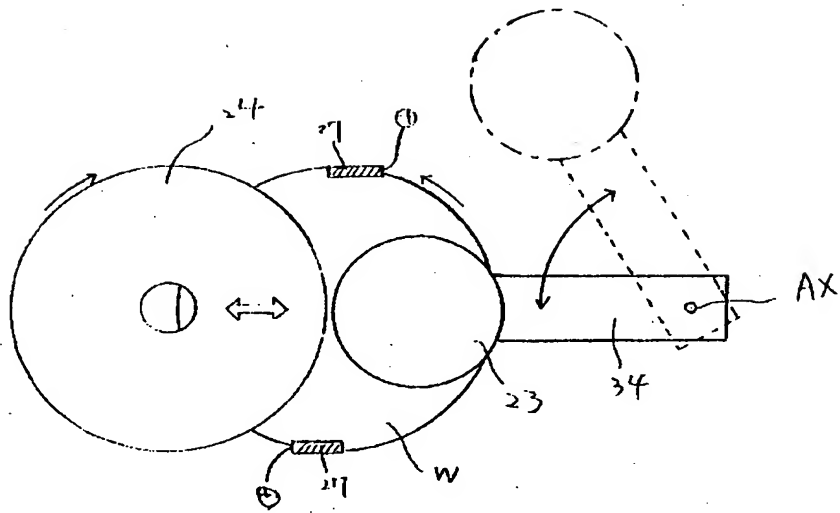


(b)

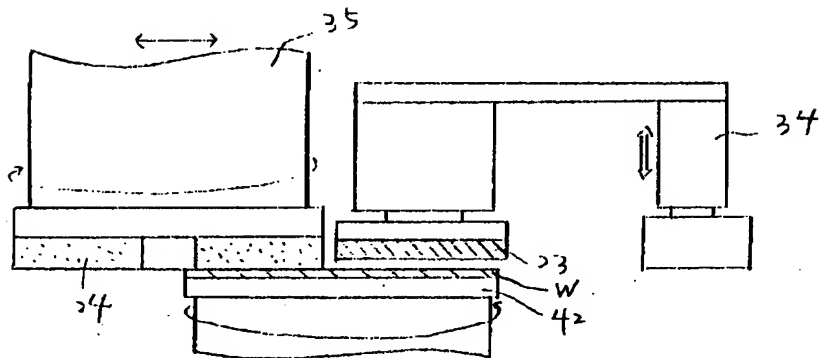


【図 1 1】

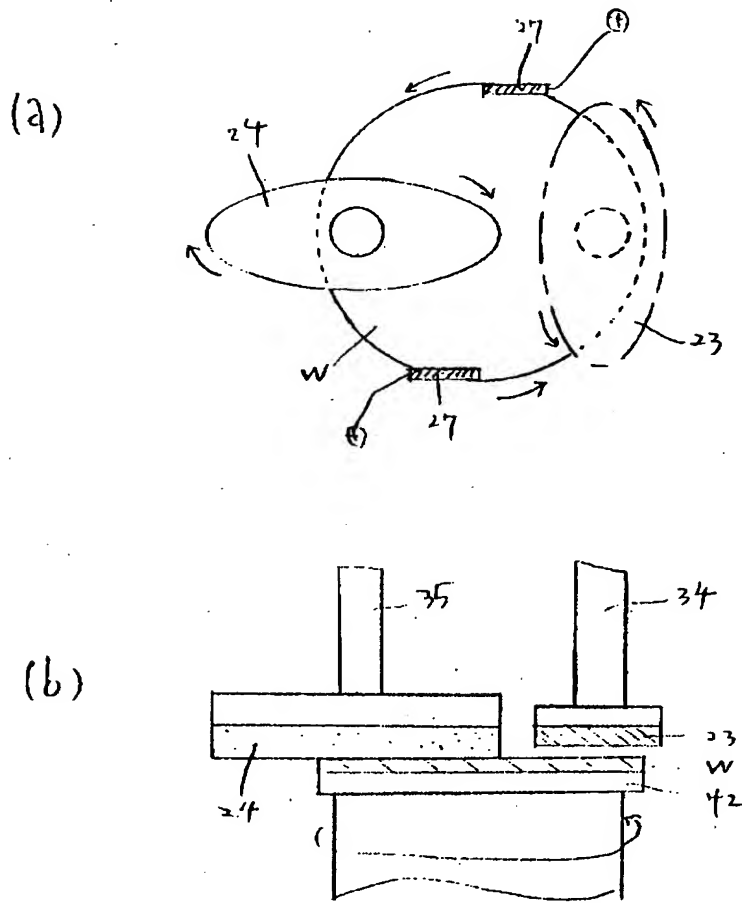
(a)



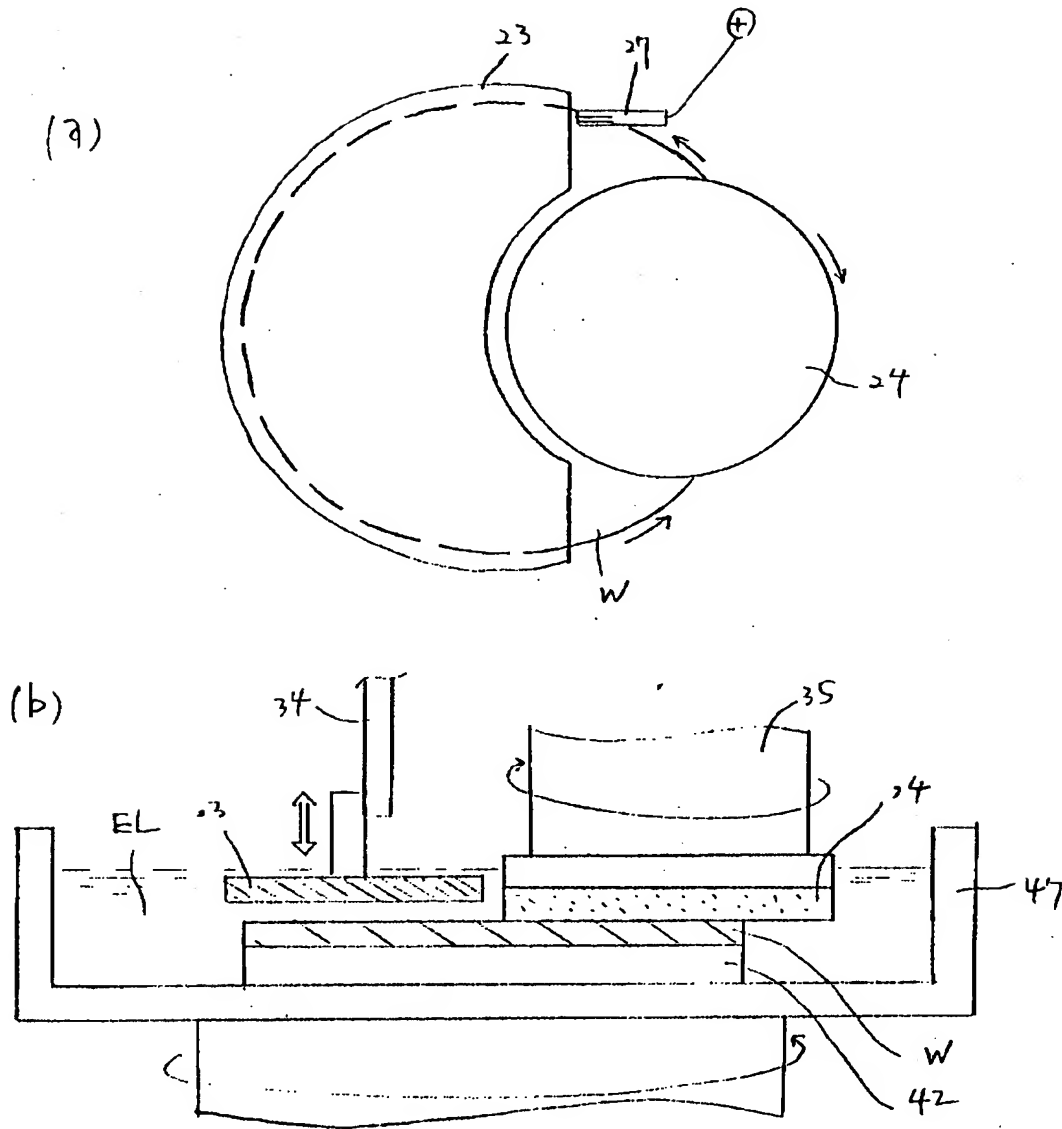
(b)



【図 12】

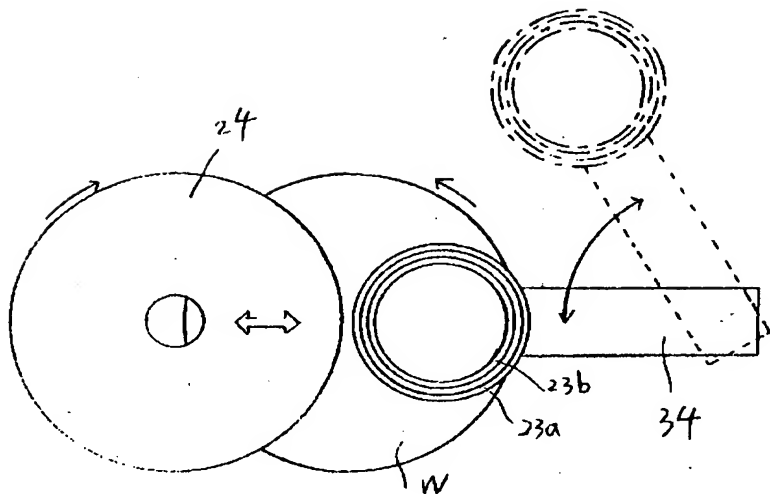


【図13】

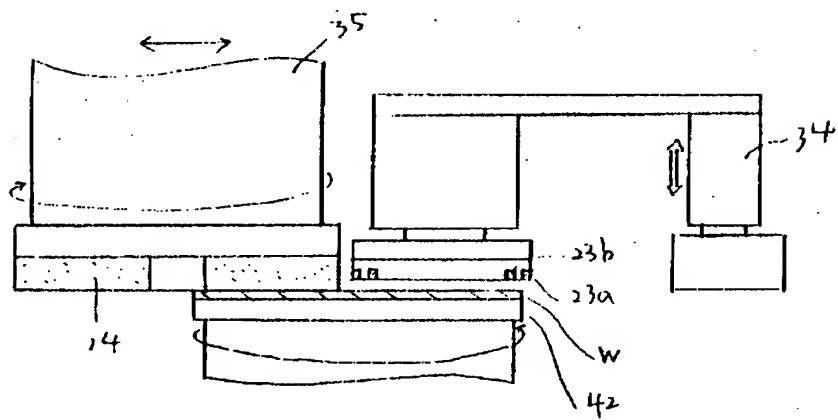


【図 14】

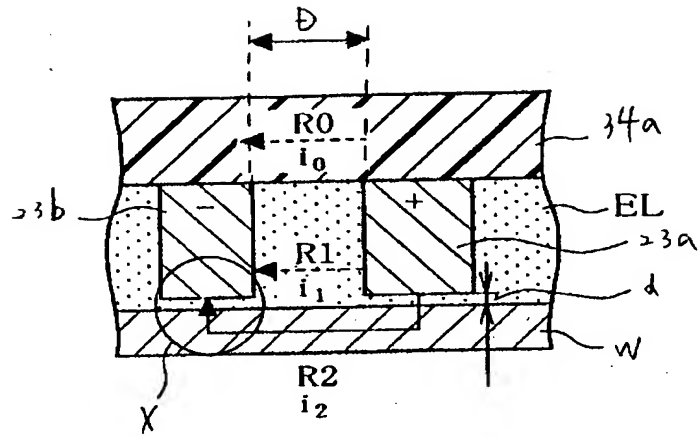
(a)



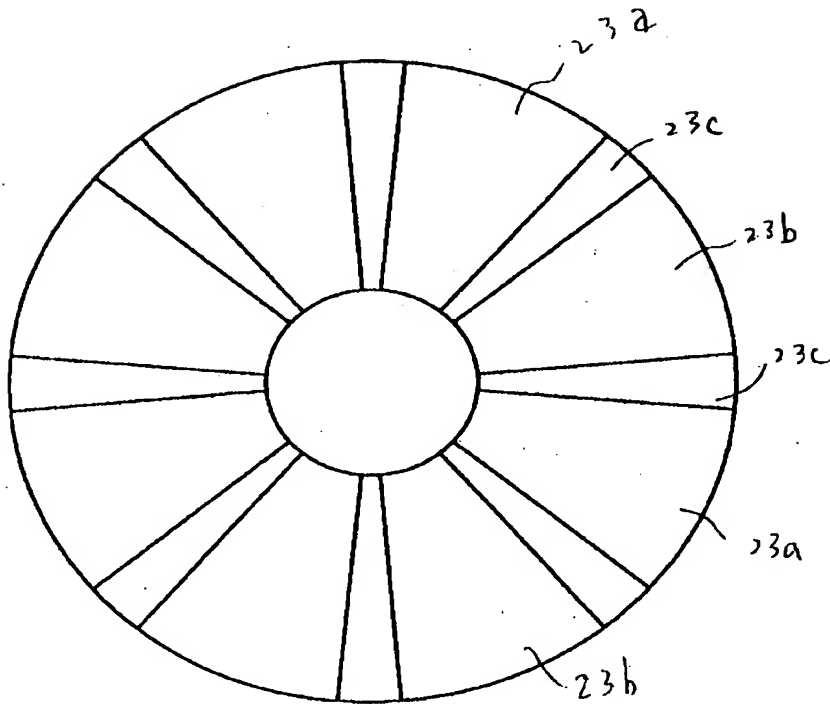
(b)



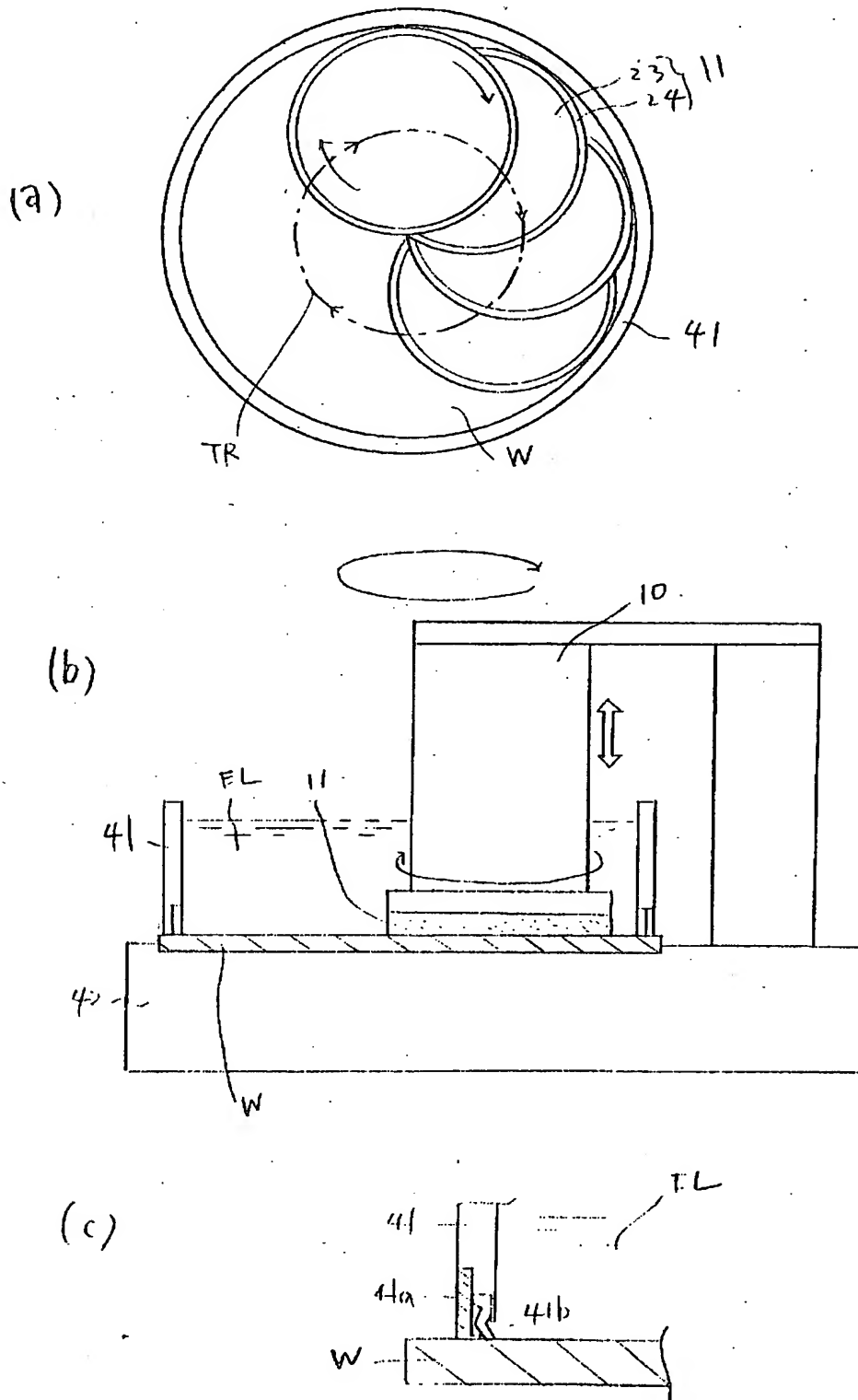
【図 15】



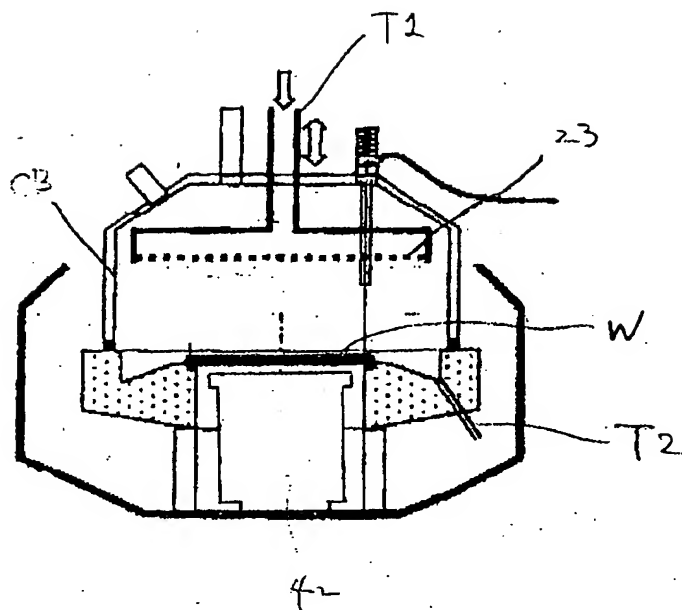
【図 16】



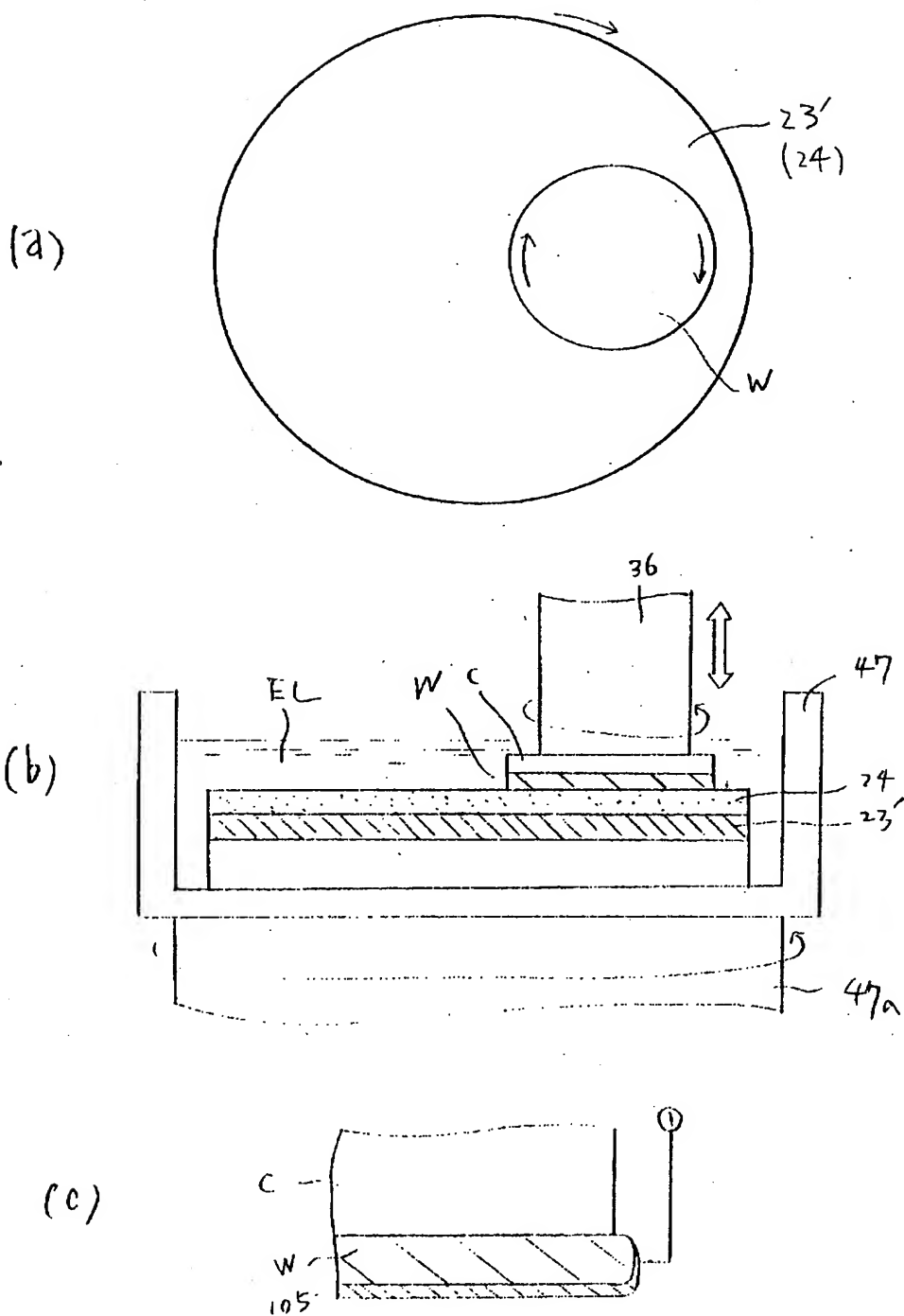
【図 17】



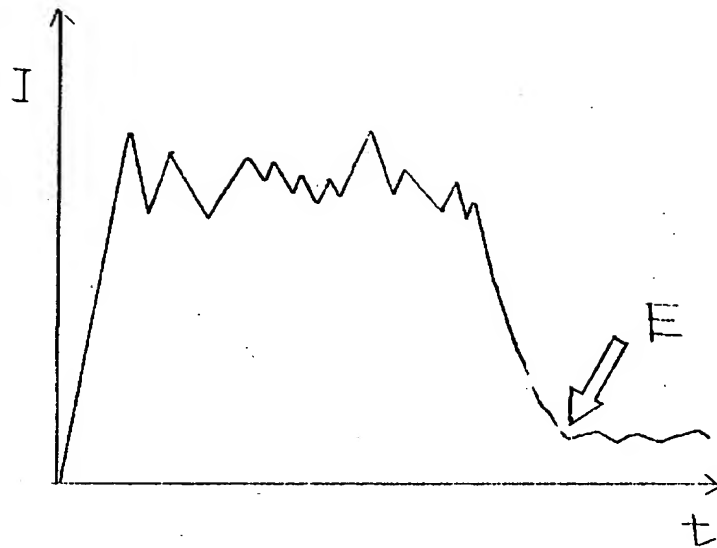
【図18】



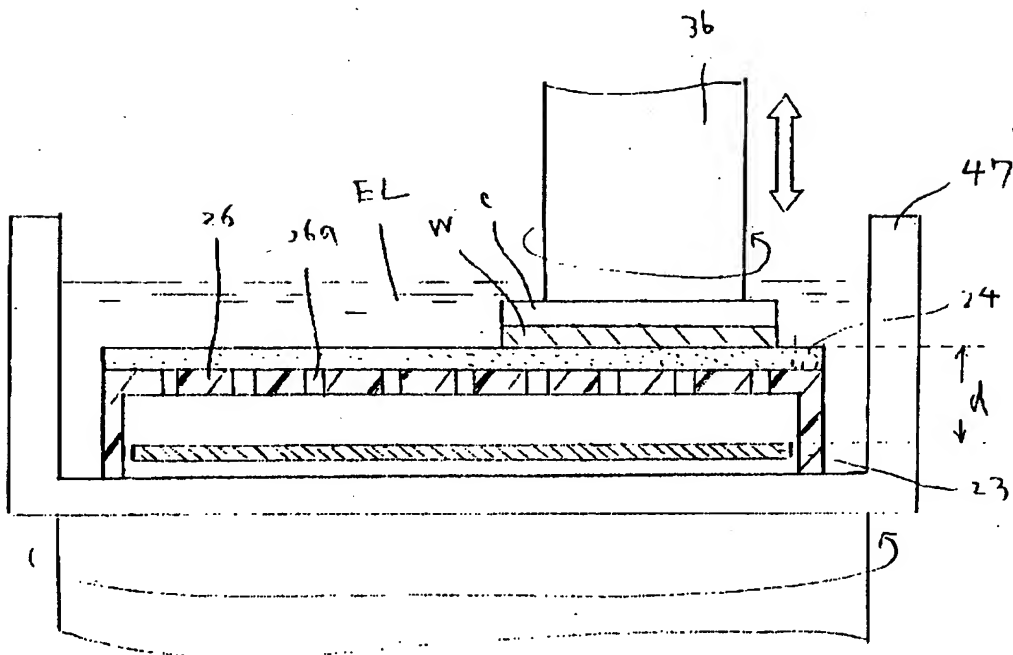
【図 19】



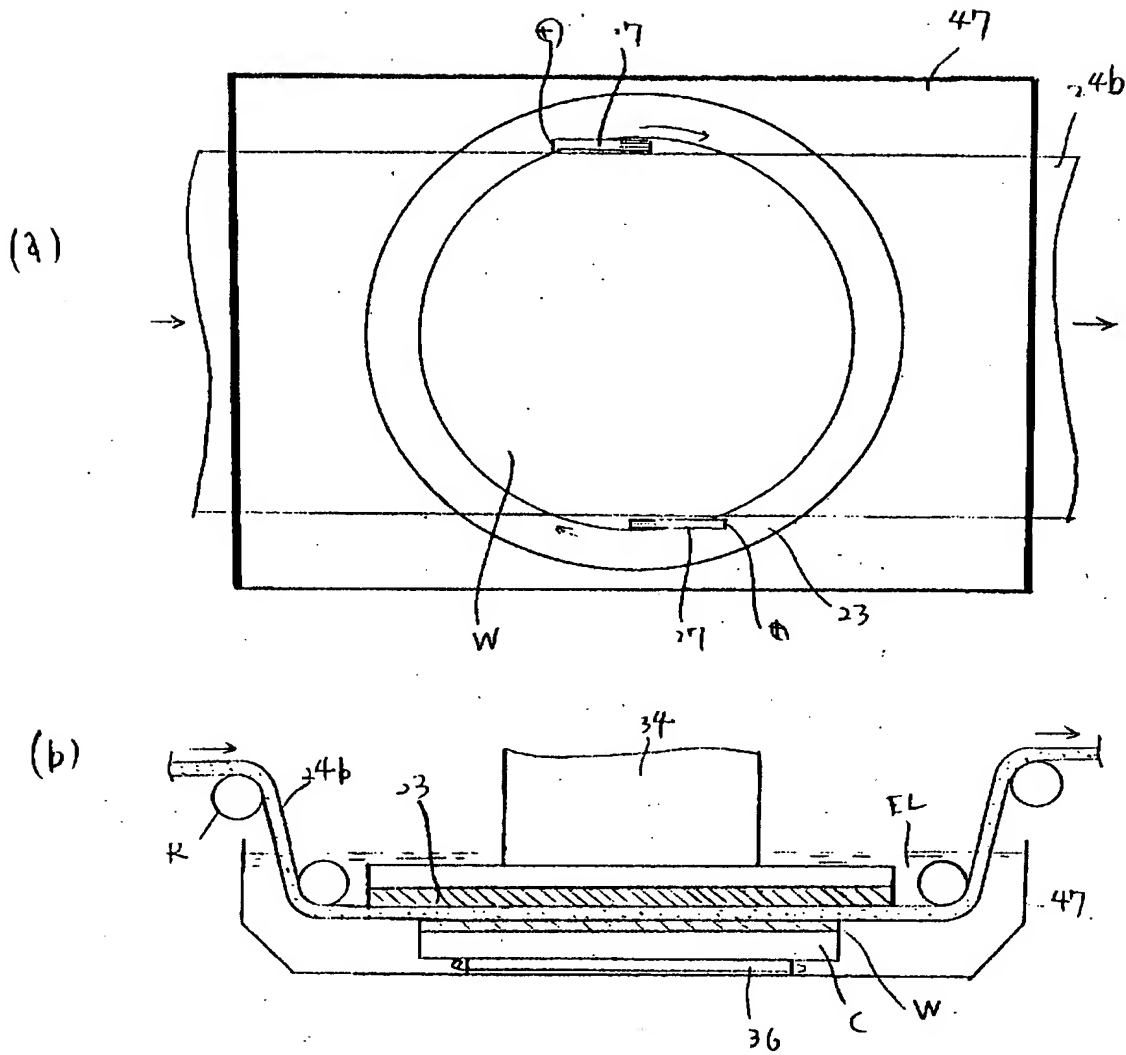
【図 20】



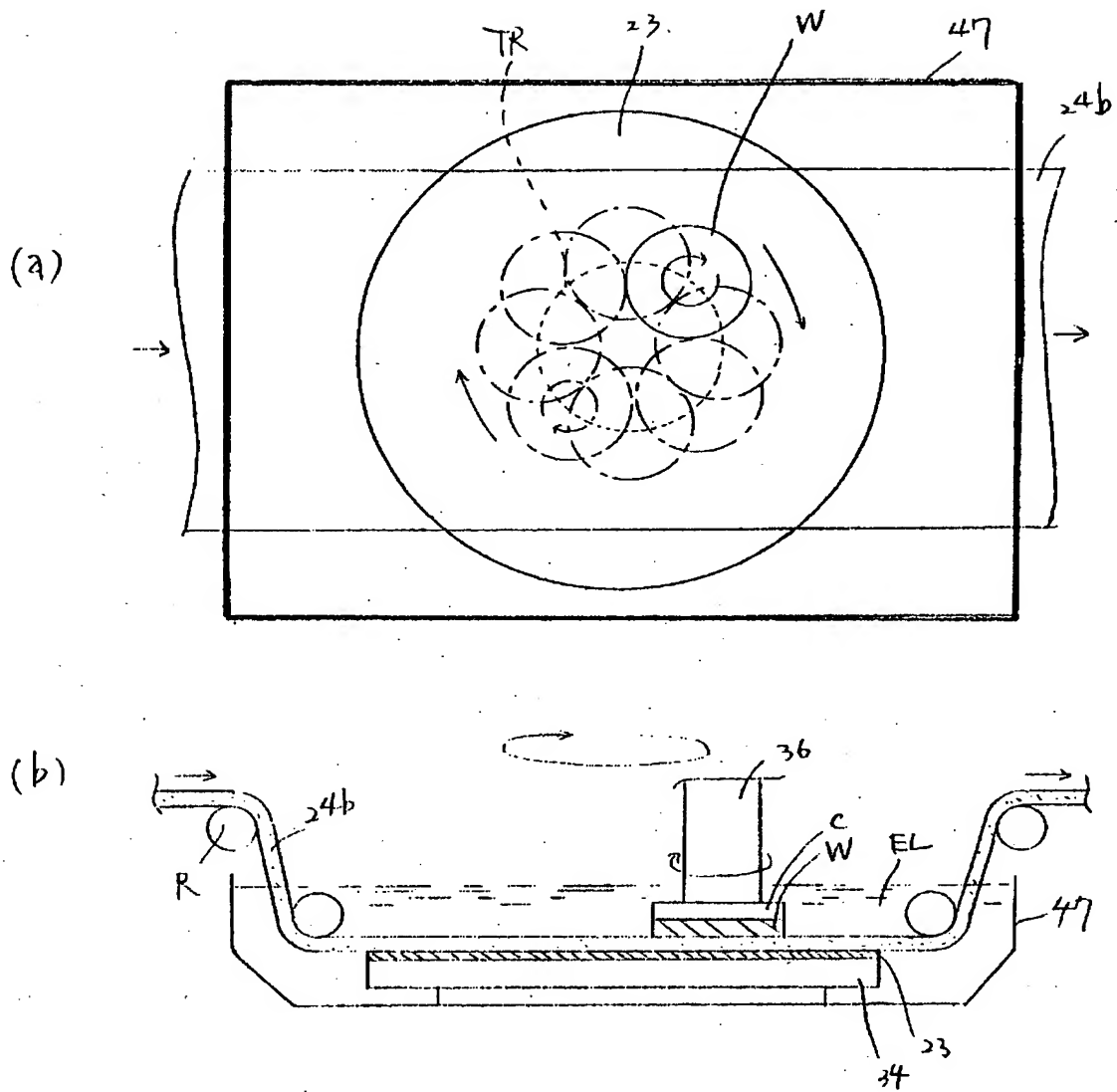
【図 21】



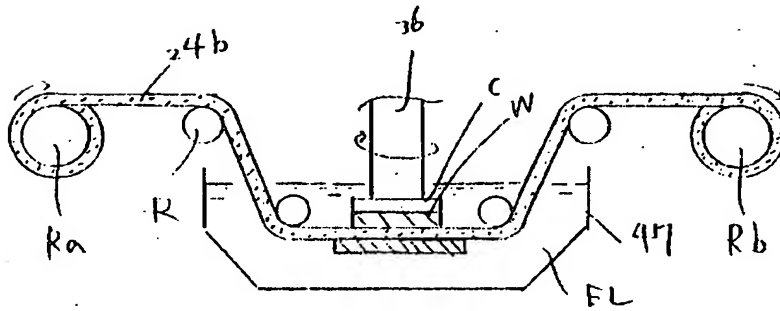
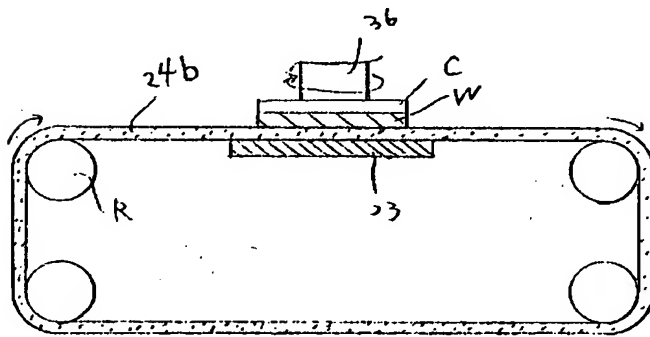
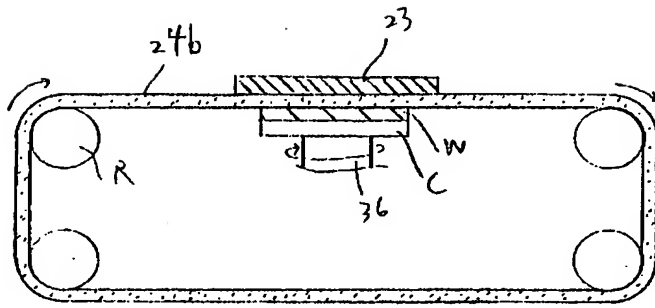
【図 22】



【図 23】

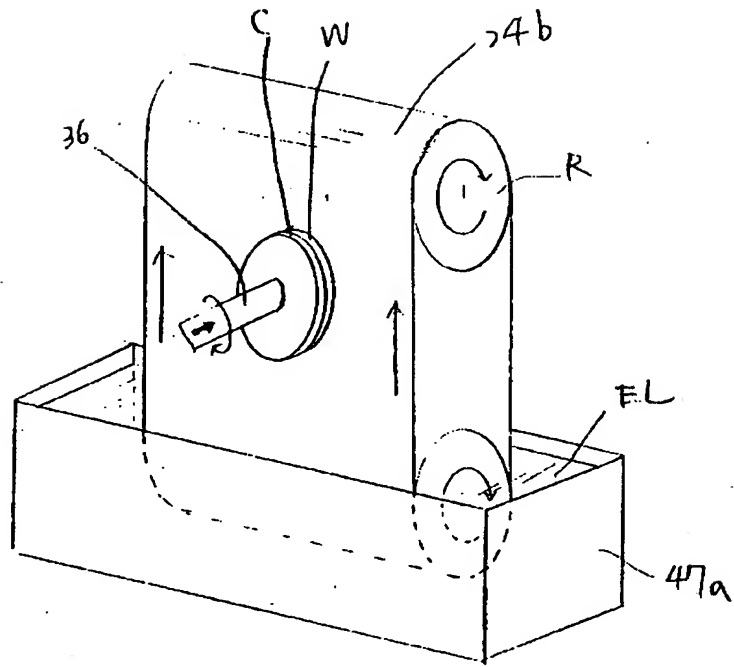


【図 24】

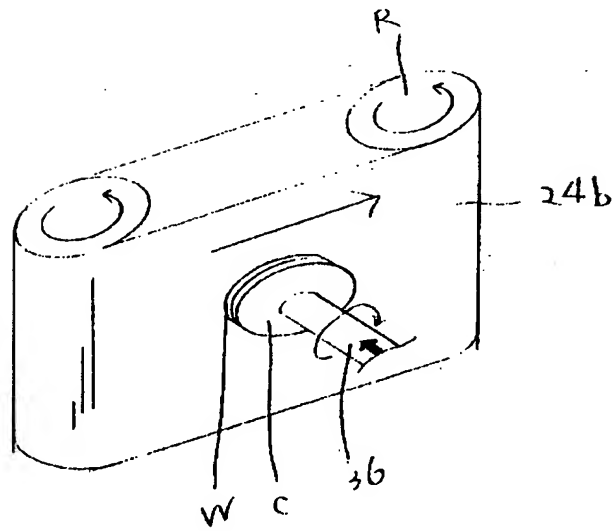


【図 25】

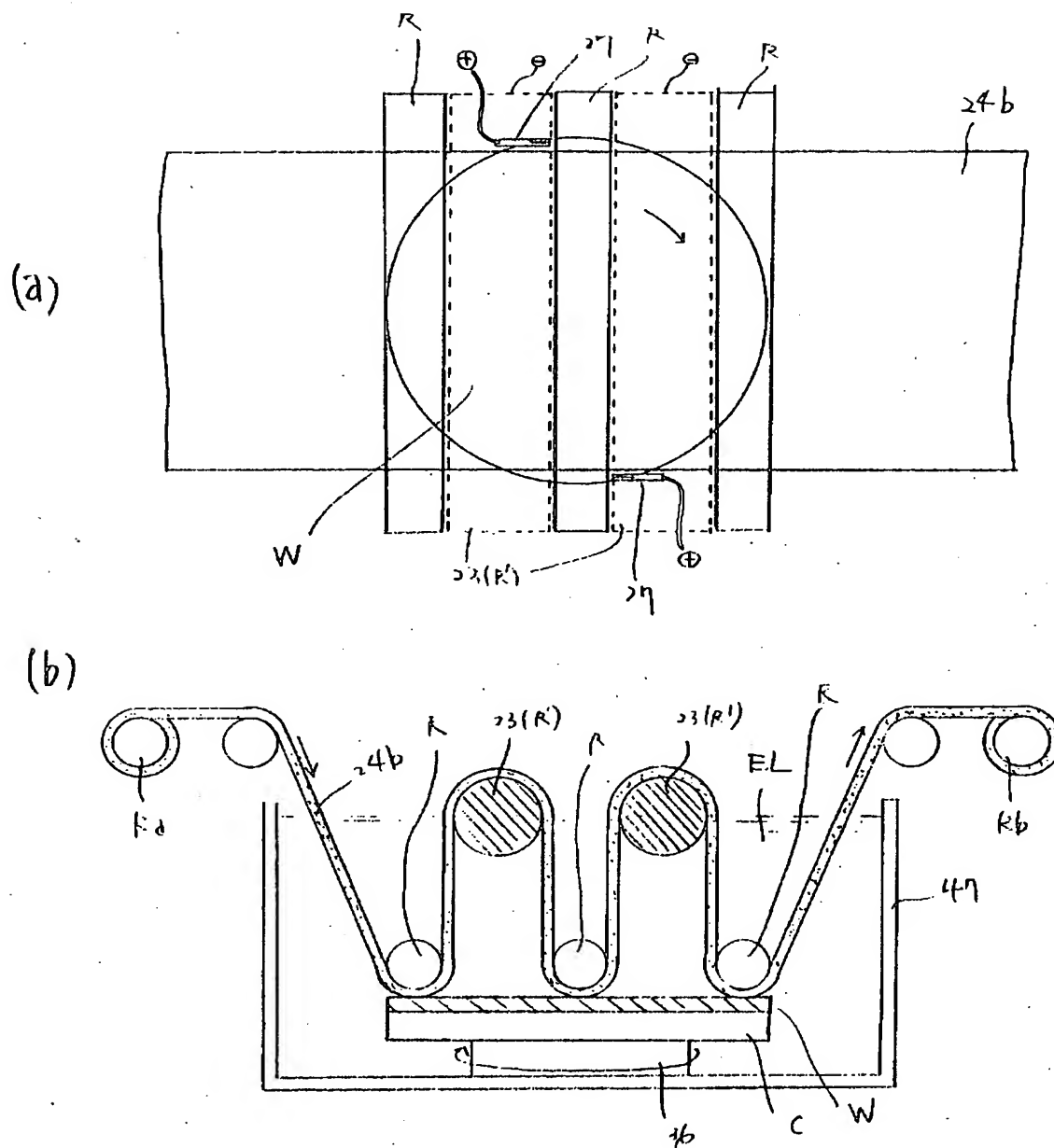
(a)



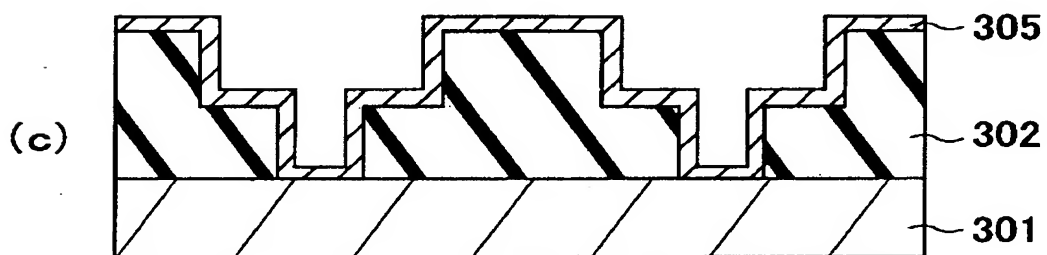
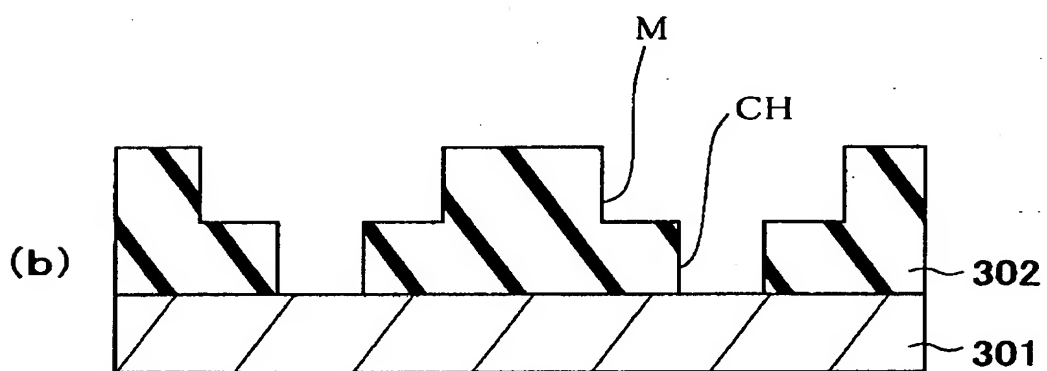
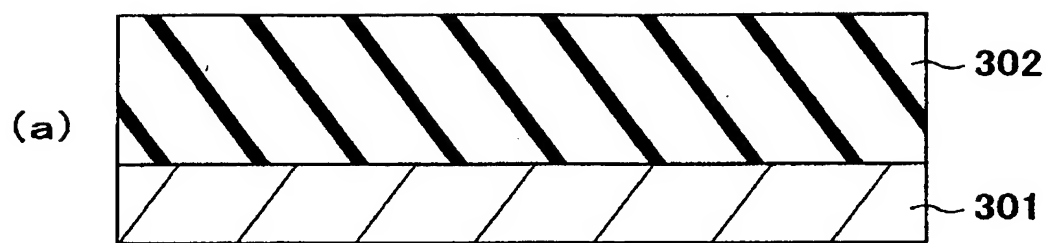
(b)



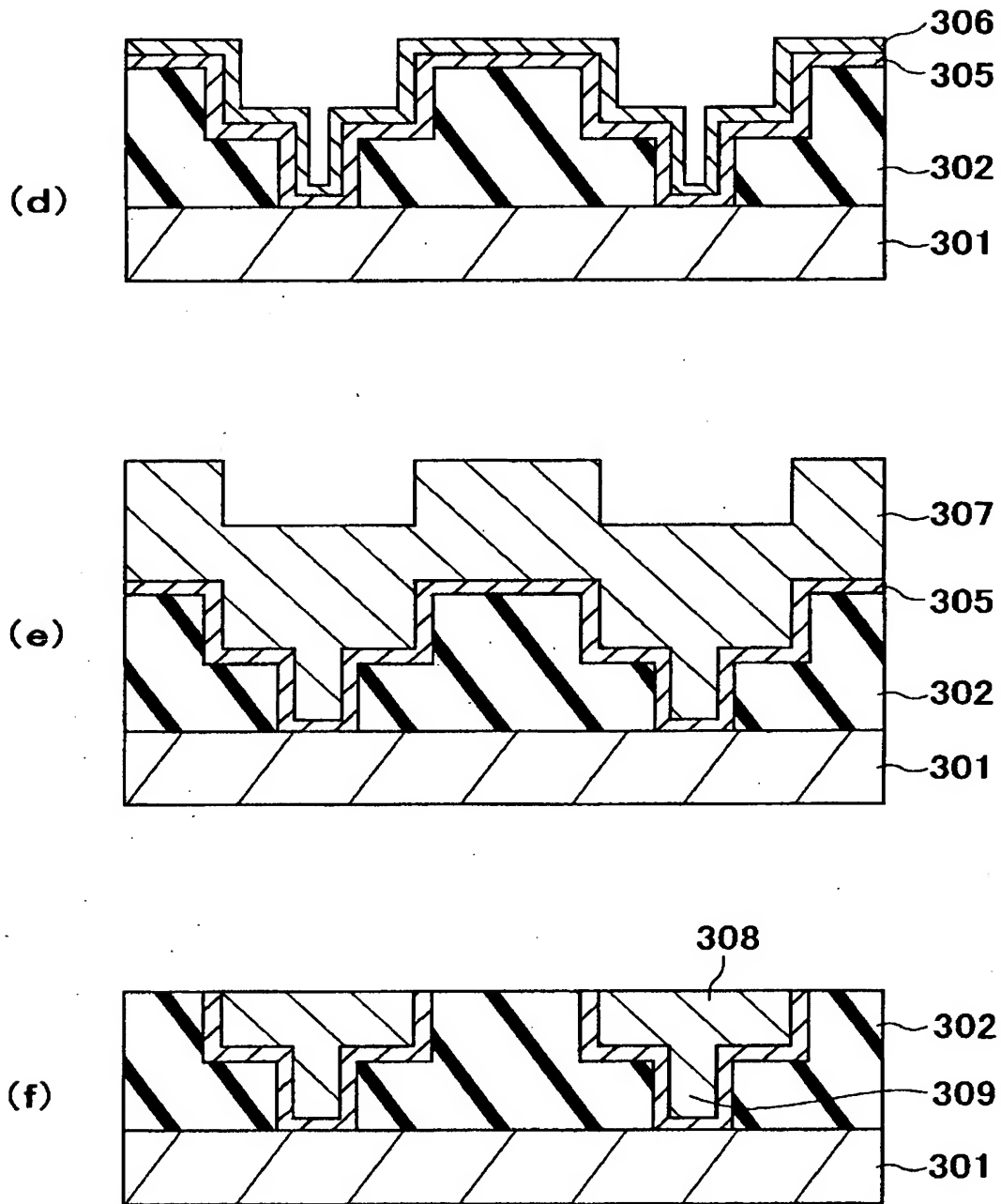
【図 26】



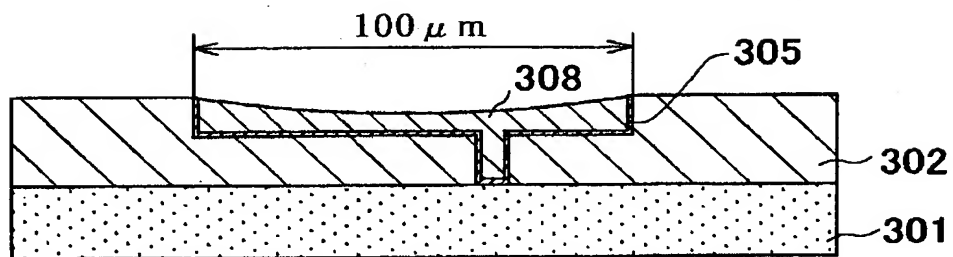
【図 2 7】



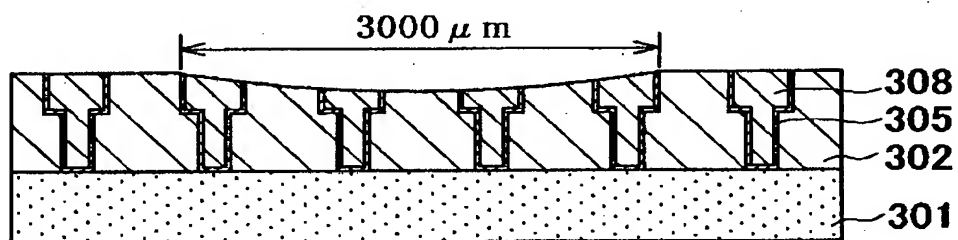
【図 28】



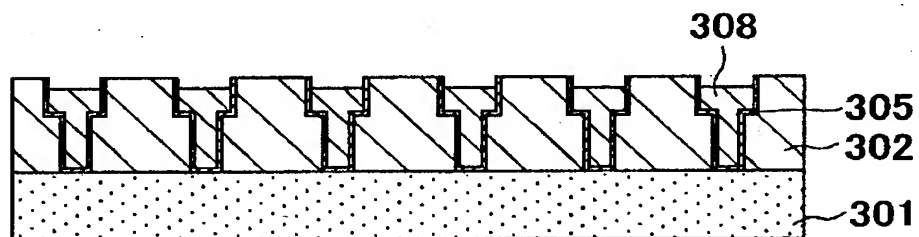
【図 29】



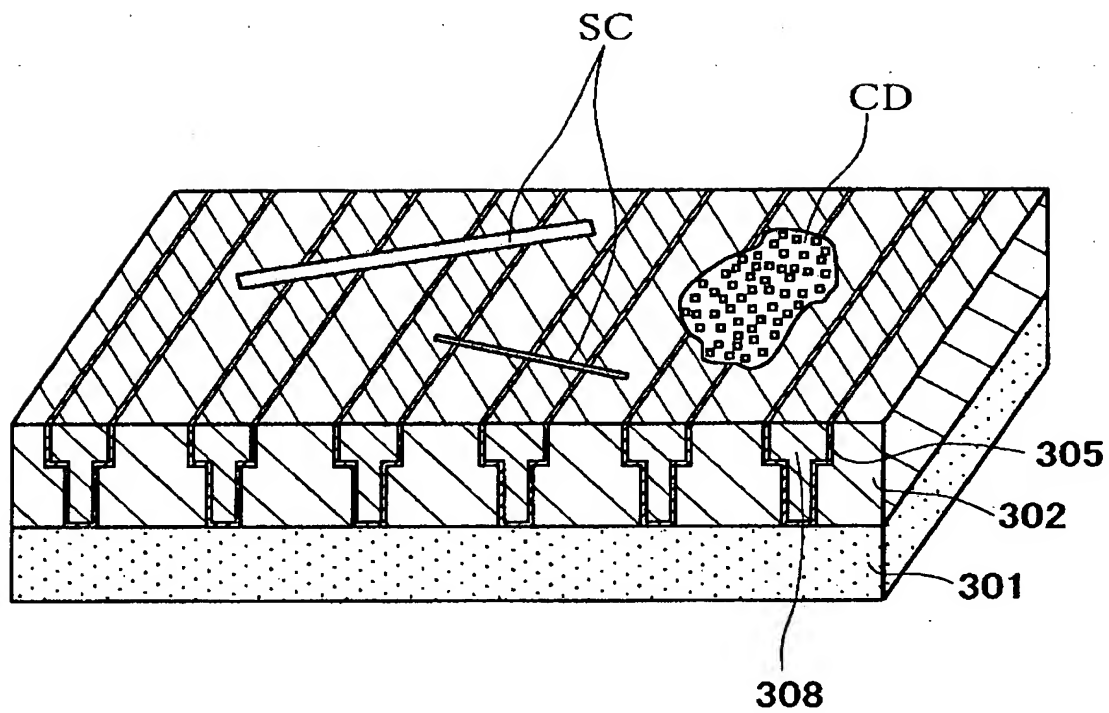
【図 30】



【図 31】



【図32】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 金属膜を平坦化する際に、初期凹凸を容易に緩和あるいは平坦化でき、かつ余分な金属膜の除去効率に優れ、金属膜へのダメージを抑制可能な電解加工装置を提供する。

【解決手段】 被加工面に金属膜を有する被加工対象物Wを電解除去加工する電解加工装置であって、被加工対象物Wを保持する被加工対象物保持手段42と、被加工対象物表面を払拭するワイパ24と、被加工対象物表面上に電解液ELを供給する電解液供給手段と、被加工対象物表面に対向する位置に配設された第1電極23と、被加工対象物表面の周辺部に配設された第2電極27と、被加工対象物表面の第2電極と第1電極間に電流を供給する電源61とを有する構成とする。

【選択図】 図7

【書類名】 手続補正書
 【提出日】 平成13年 3月13日
 【あて先】 特許庁長官殿

【事件の表示】

【出願番号】 特願2001- 56027

【補正をする者】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100094053

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 隆久

【手続補正 1】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 6

【補正方法】 変更

【補正の内容】 1

【手続補正 2】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 7

【補正方法】 変更

【補正の内容】 2

【手続補正 3】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 8

【補正方法】 変更

【補正の内容】 3

【手続補正 4】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 9

【補正方法】 変更

【補正の内容】 4

【手続補正 5】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 1 0

【補正方法】 変更

【補正の内容】 5

【手続補正 6】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 1 1

【補正方法】 変更

【補正の内容】 6

【手続補正 7】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 1 2

【補正方法】 変更

【補正の内容】 7

【手続補正 8】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 1 3

【補正方法】 変更

【補正の内容】 8

【手続補正 9】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 1 4

【補正方法】 変更

【補正の内容】 9

【手続補正 10】

【補正対象書類名】 図面
 【補正対象項目名】 図 1 5
 【補正方法】 変更
 【補正の内容】 10

【手続補正 11】

【補正対象書類名】 図面
 【補正対象項目名】 図 1 6
 【補正方法】 変更
 【補正の内容】 11

【手続補正 12】

【補正対象書類名】 図面
 【補正対象項目名】 図 1 7
 【補正方法】 変更
 【補正の内容】 12

【手続補正 13】

【補正対象書類名】 図面
 【補正対象項目名】 図 1 8
 【補正方法】 変更
 【補正の内容】 13

【手続補正 14】

【補正対象書類名】 図面
 【補正対象項目名】 図 1 9
 【補正方法】 変更
 【補正の内容】 14

【手続補正 15】

【補正対象書類名】 図面
 【補正対象項目名】 図 2 0
 【補正方法】 変更

【補正の内容】 15

【手続補正 16】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 2 1

【補正方法】 変更

【補正の内容】 16

【手続補正 17】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 2 2

【補正方法】 変更

【補正の内容】 17

【手続補正 18】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 2 3

【補正方法】 変更

【補正の内容】 18

【手続補正 19】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 2 4

【補正方法】 変更

【補正の内容】 19

【手続補正 20】

【補正対象書類名】 図面

【補正対象項目名】 図 2 5

【補正方法】 変更

【補正の内容】 20

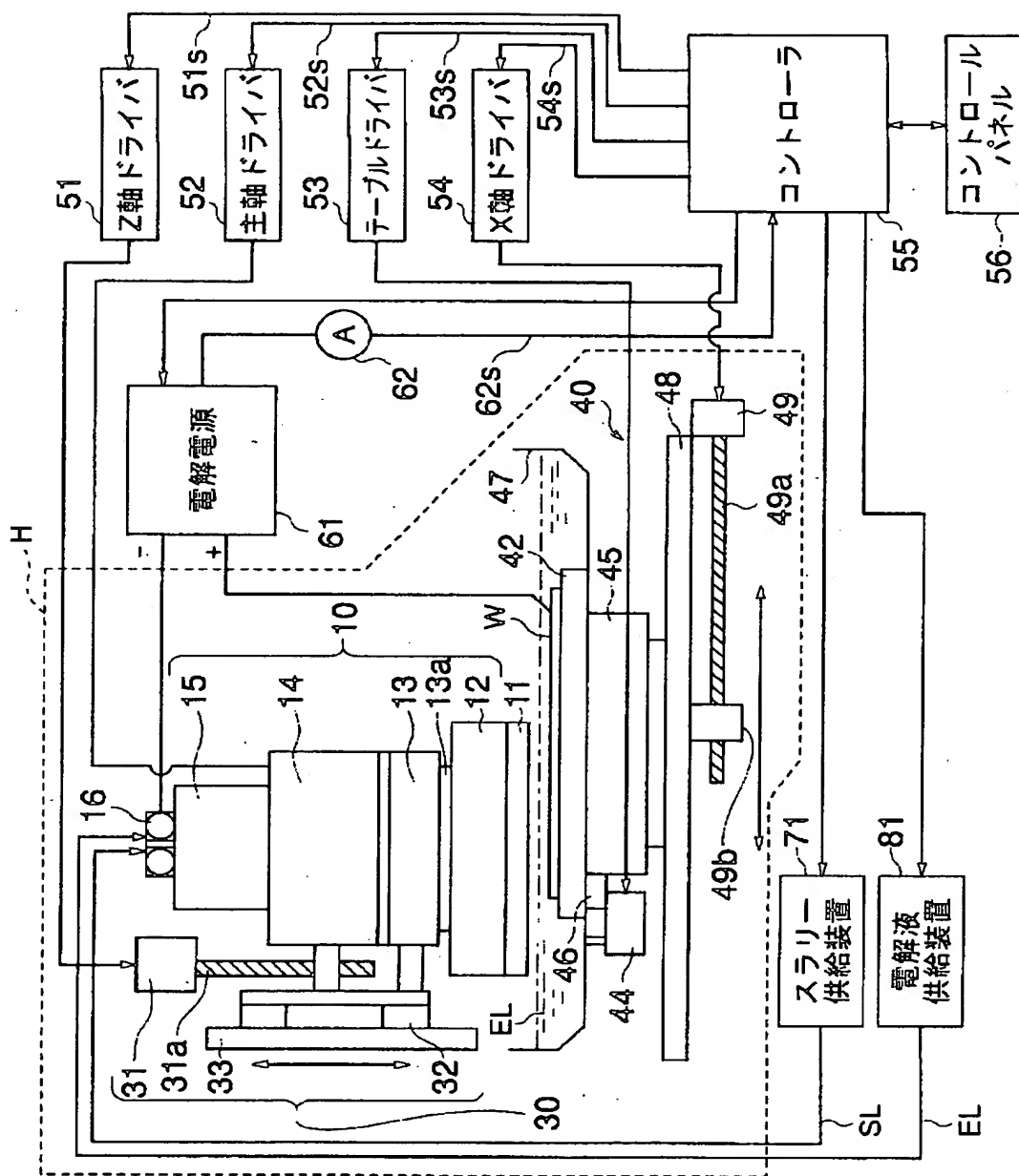
【手続補正 21】

【補正対象書類名】 図面

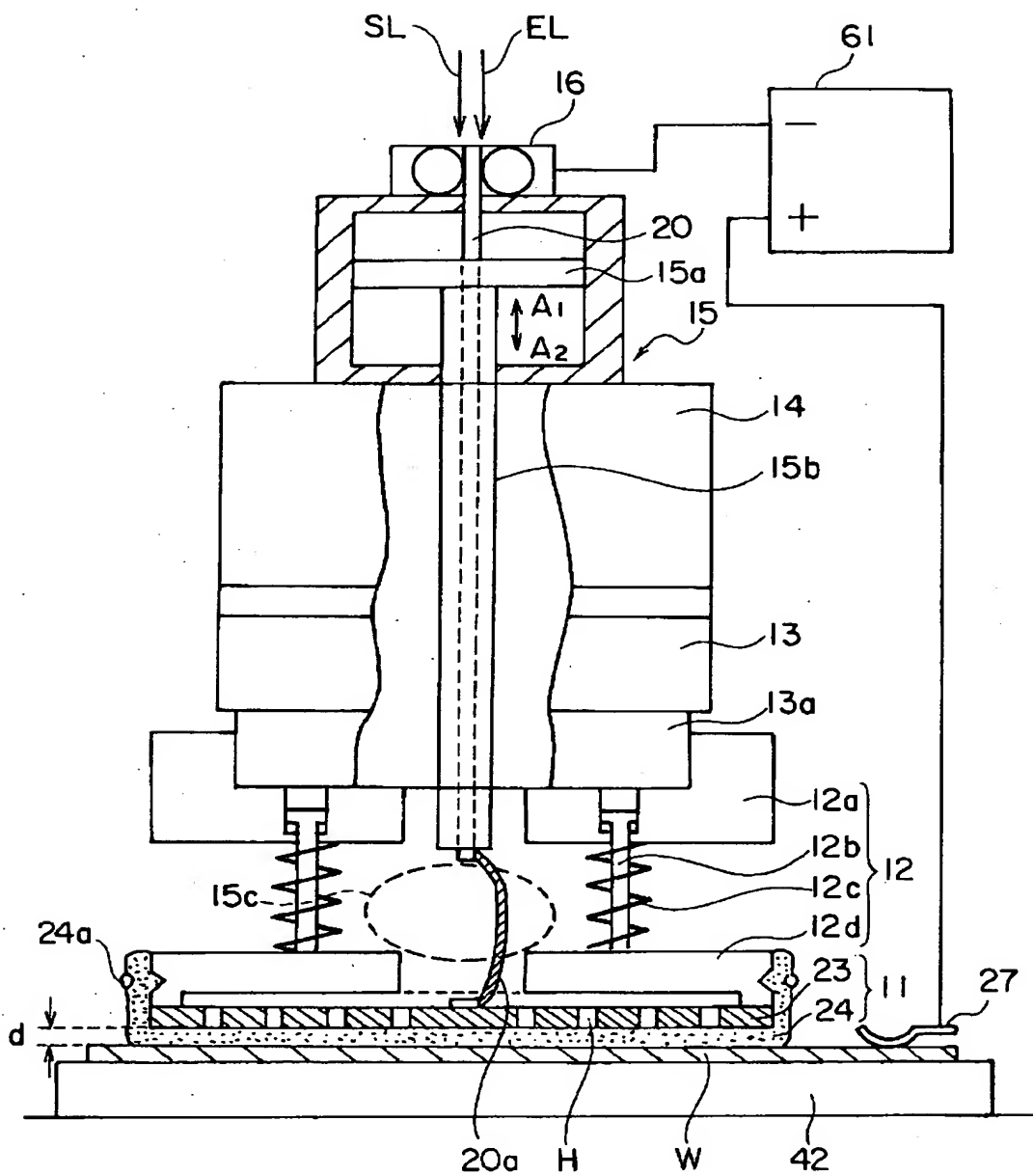
【補正対象項目名】 図 2 6

【補正方法】	変更
【補正の内容】	21
【その他】	図面の実体的内容については変更なし。
【プルーフの要否】	要

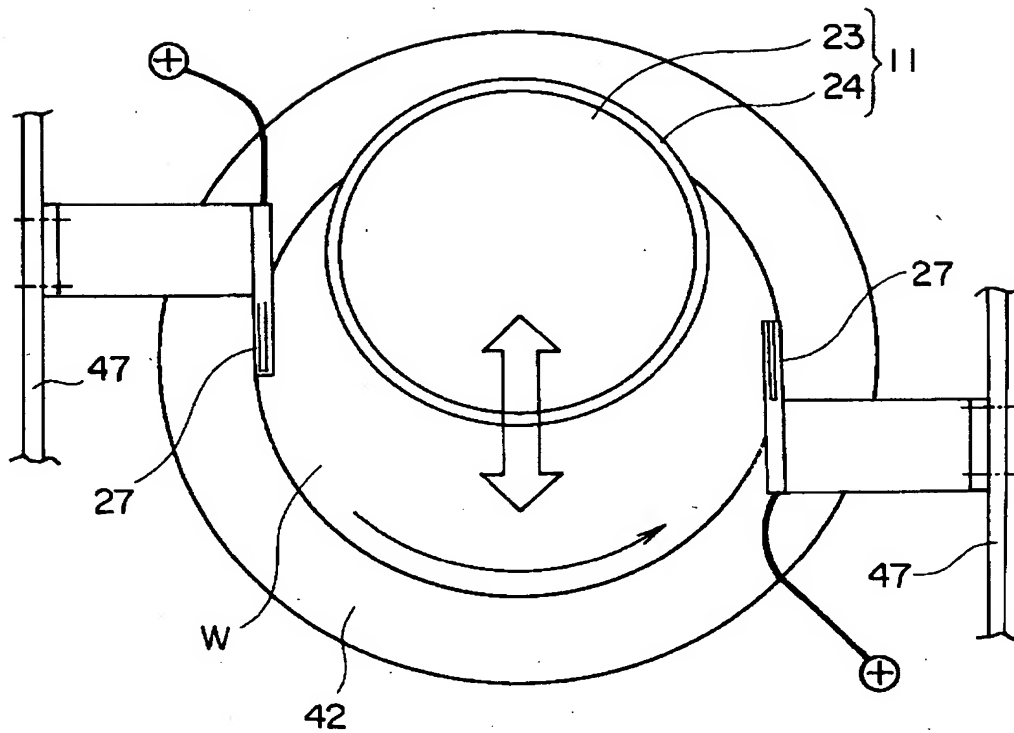
【図 6】



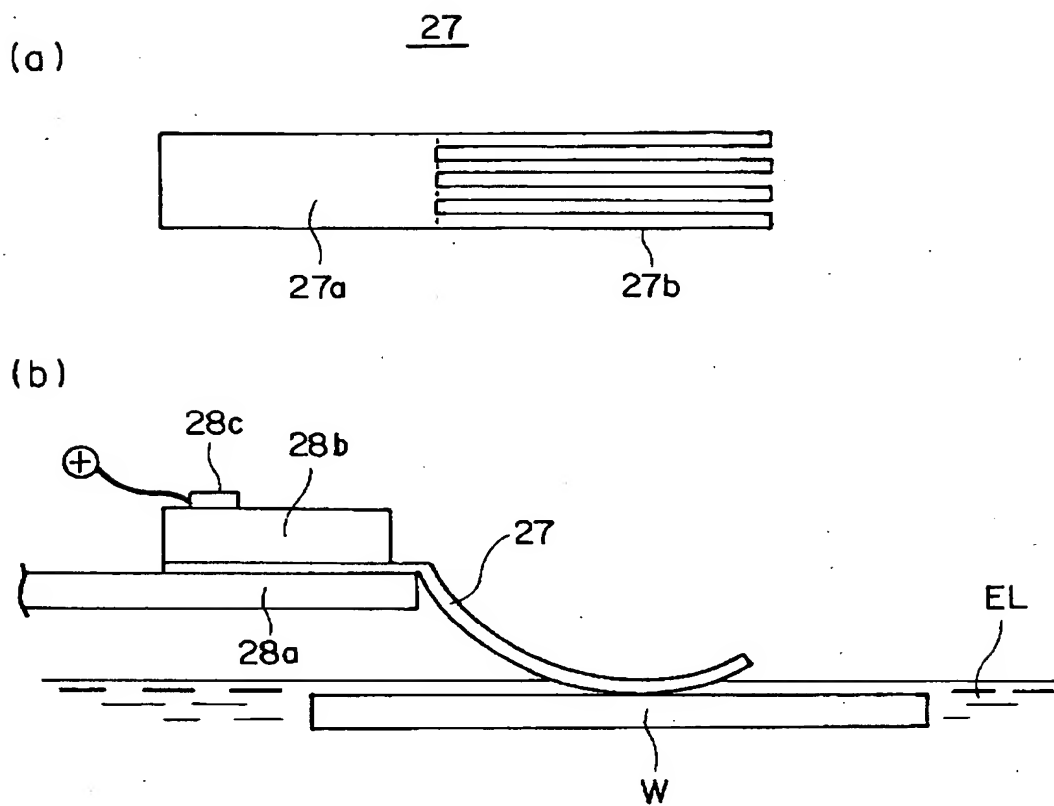
【図 7】



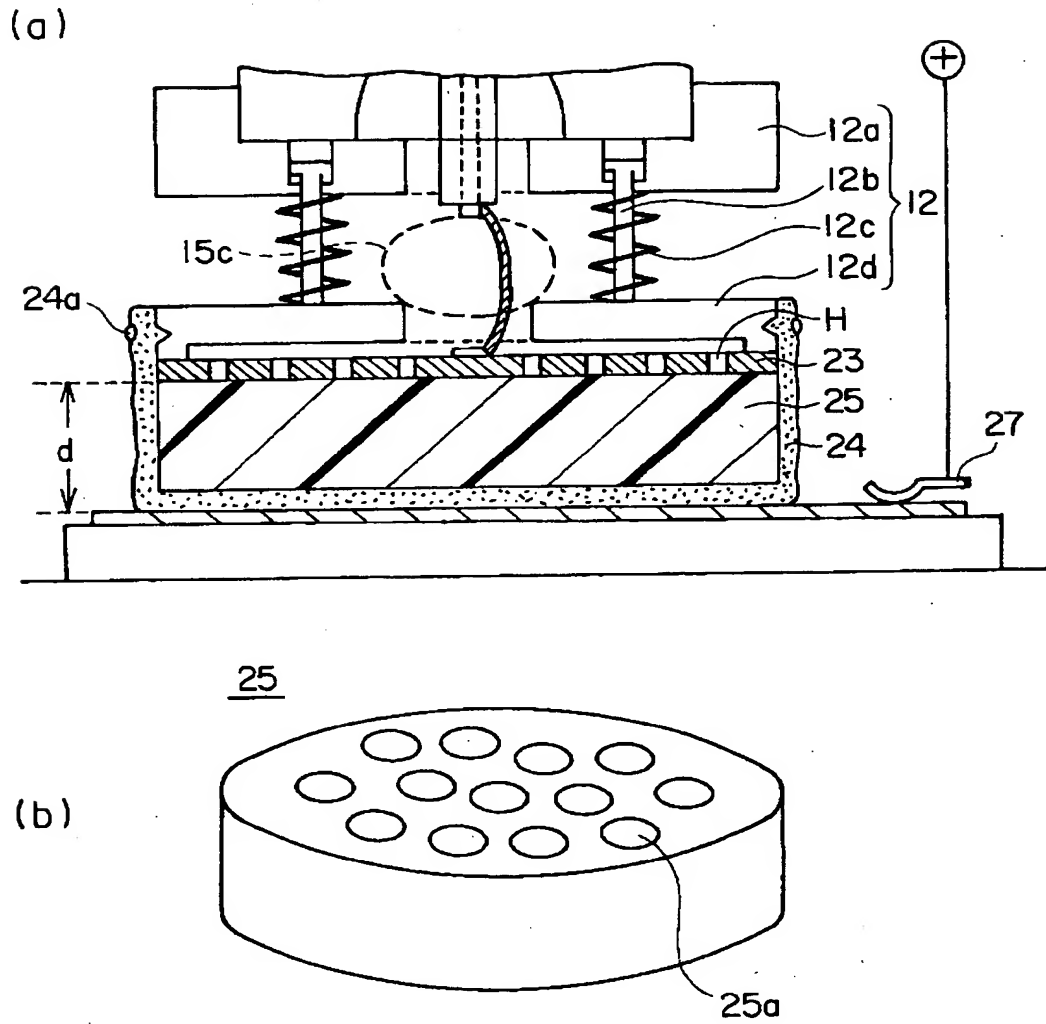
【図 8】



【図 9】

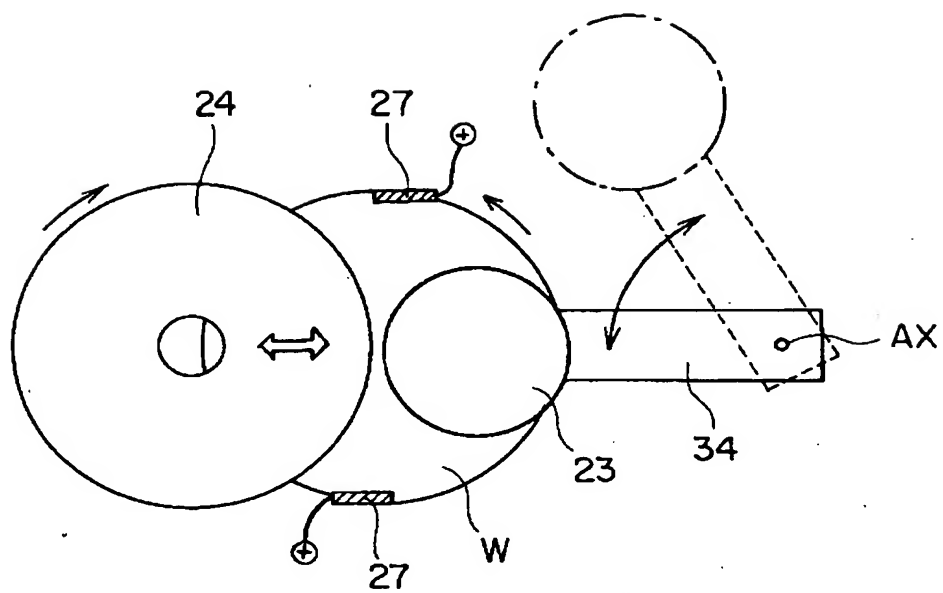


【図10】

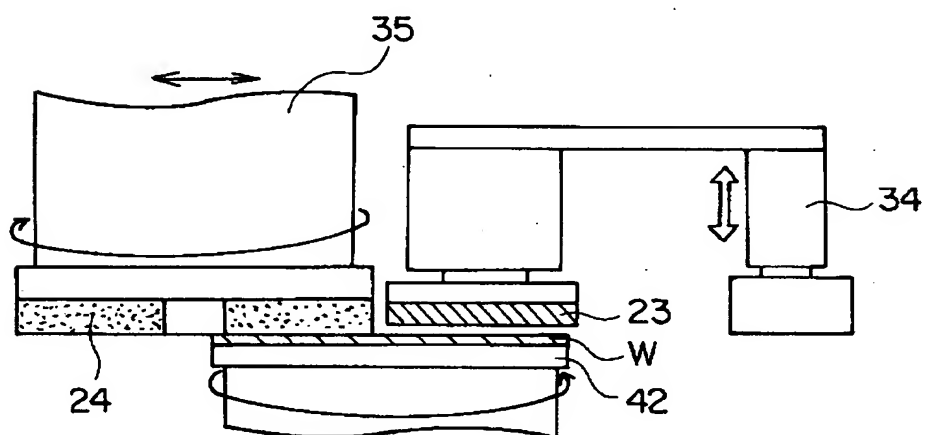


【図 11】

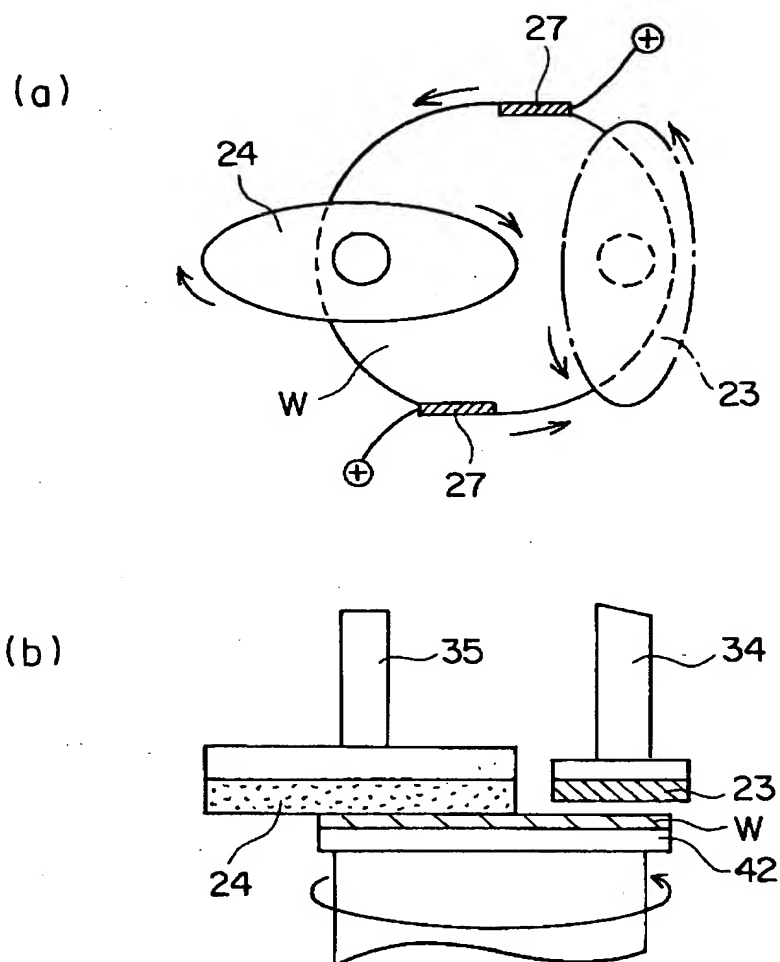
(a)



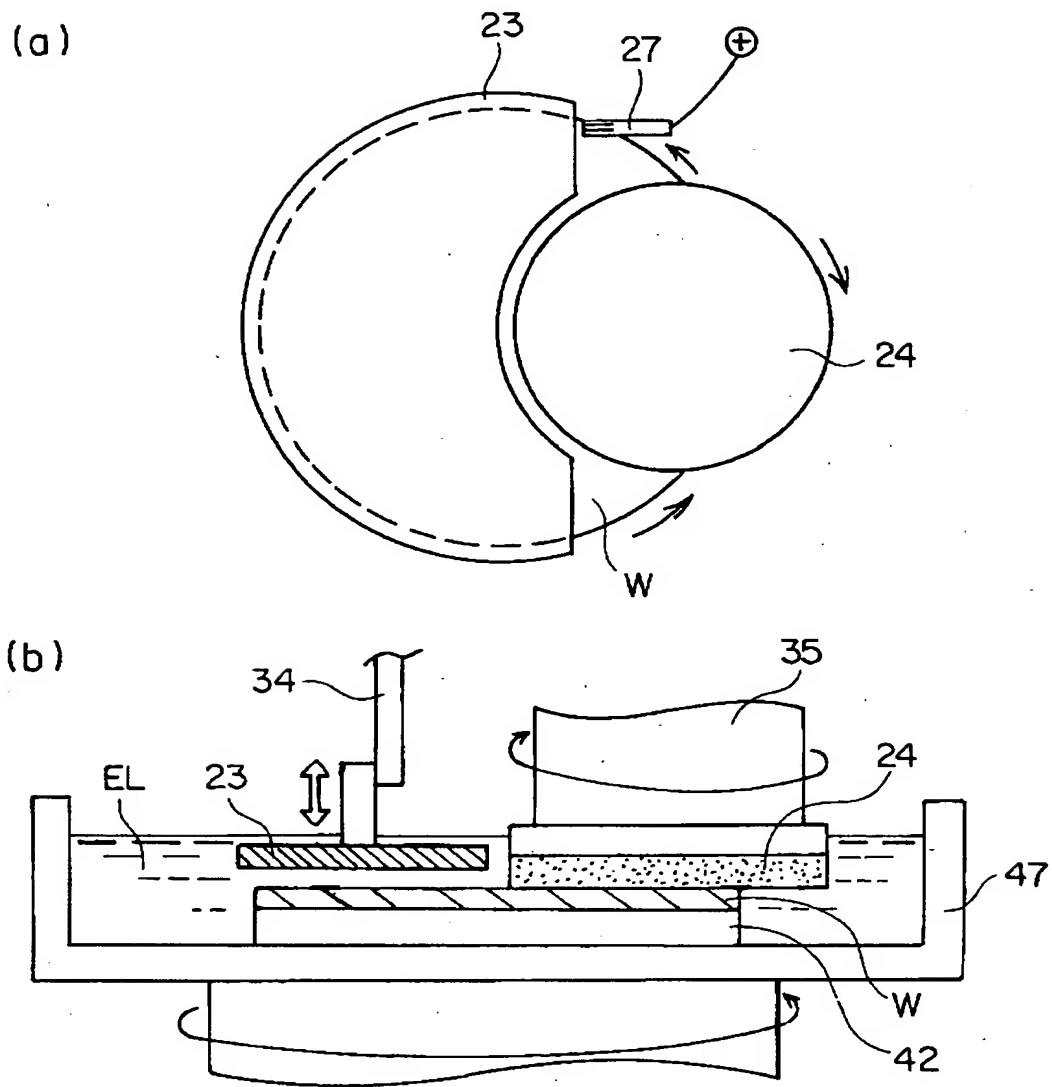
(b)



【図 12】

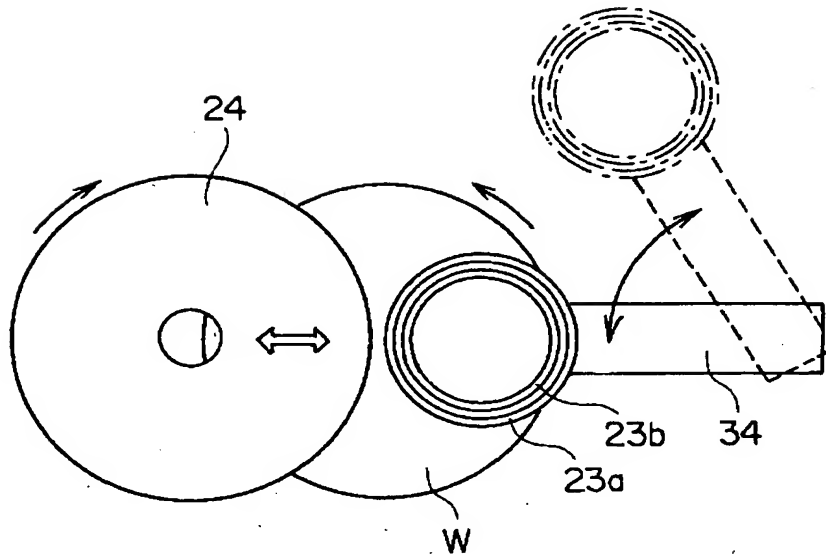


【図 13】

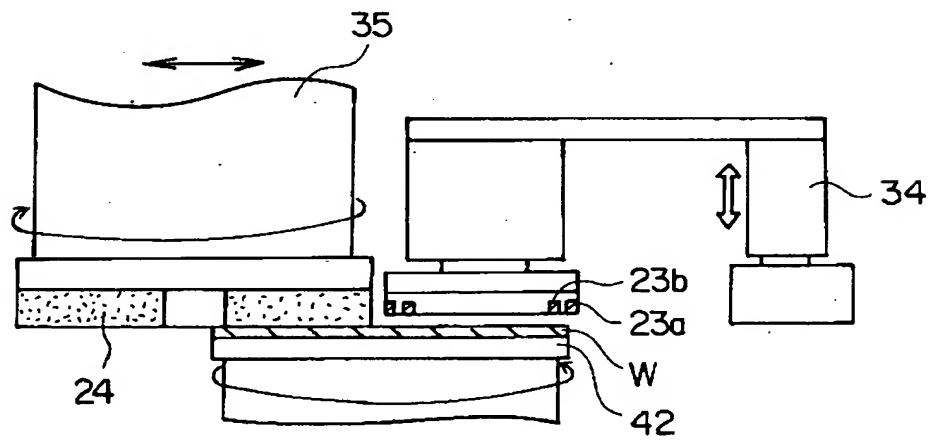


【図 14】

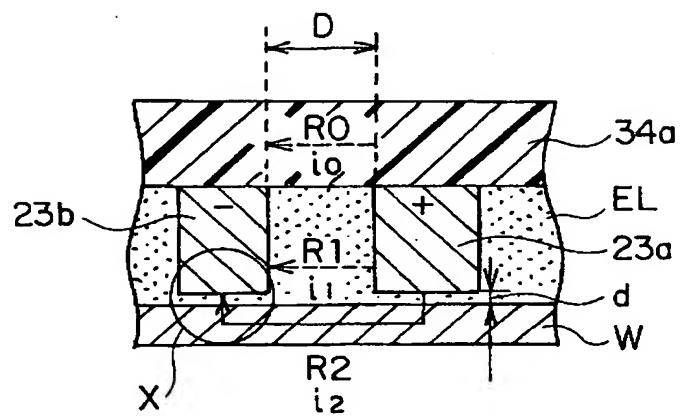
(a)



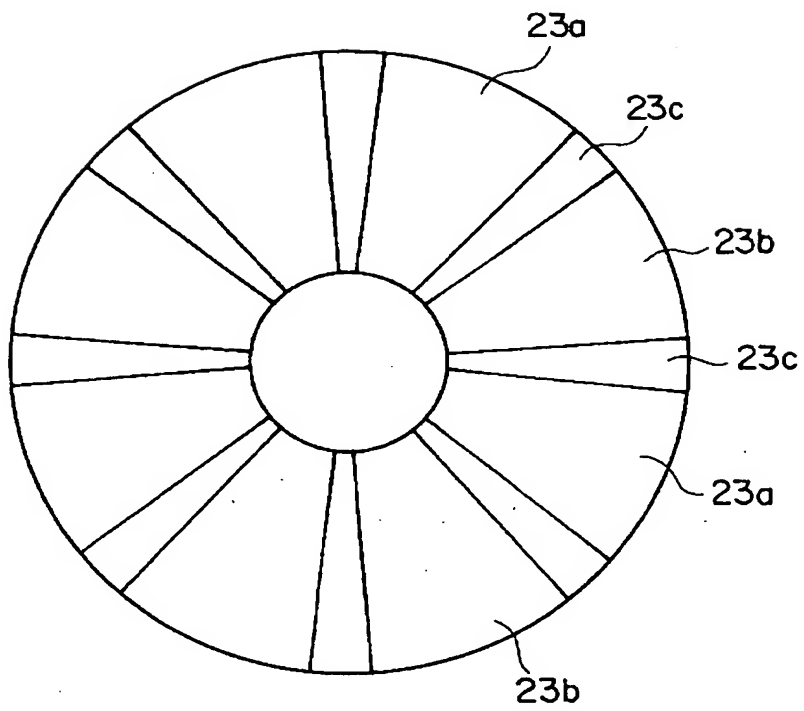
(b)



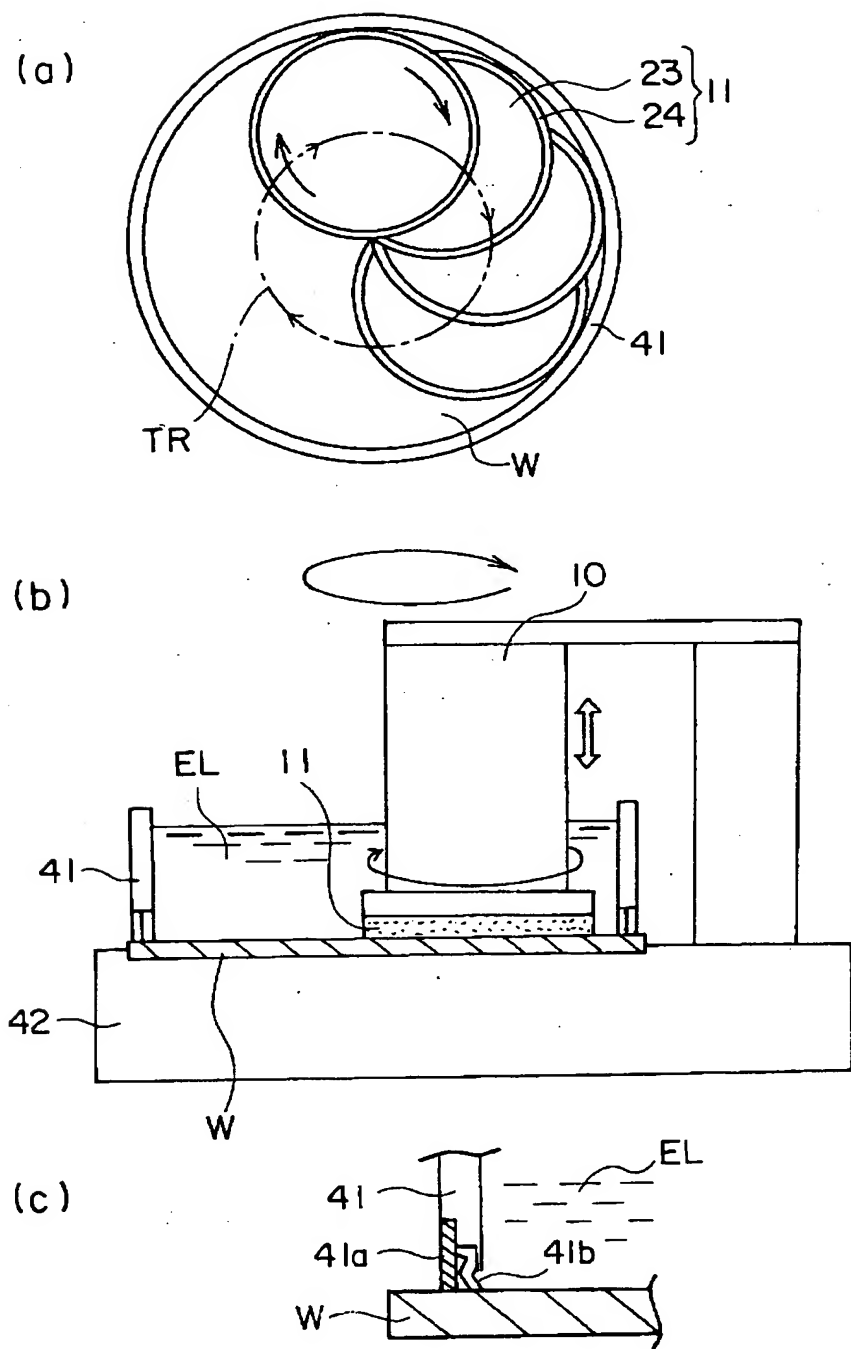
【図 15】



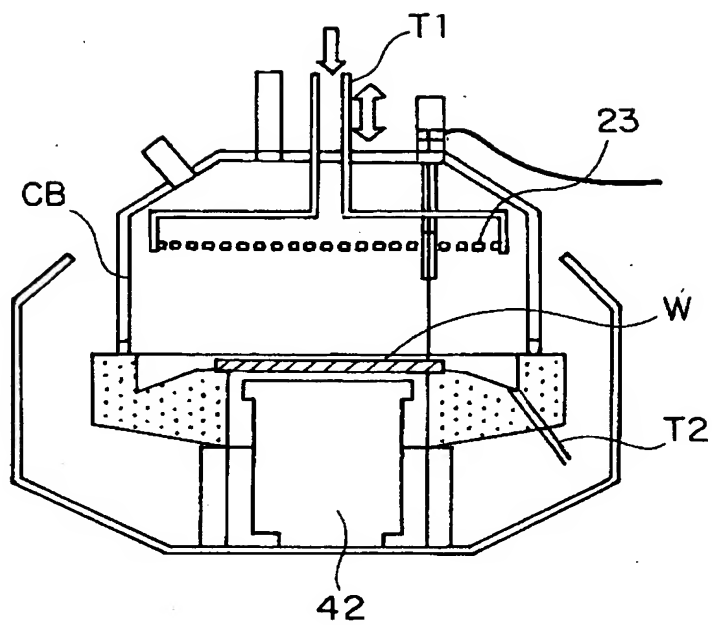
【図16】



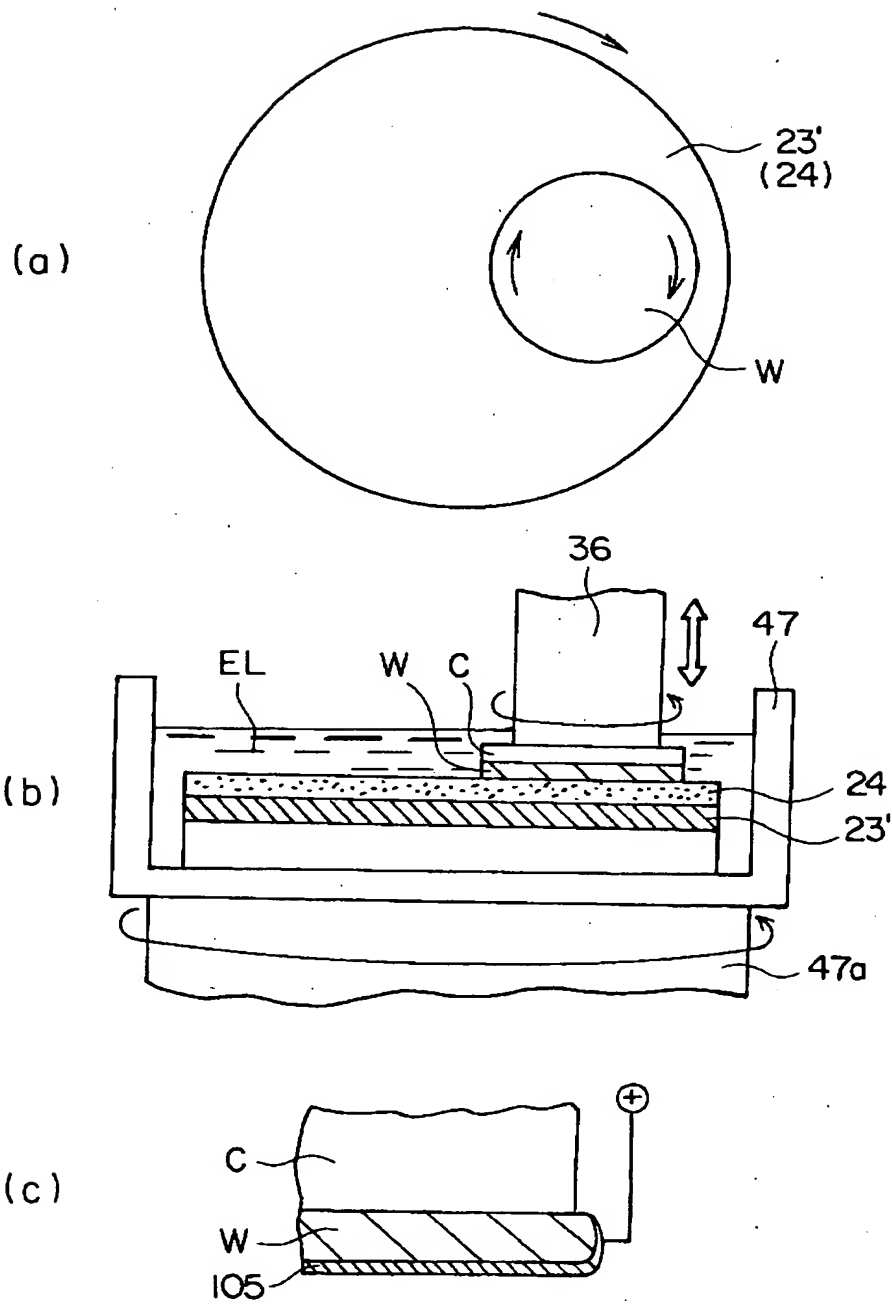
【図 17】



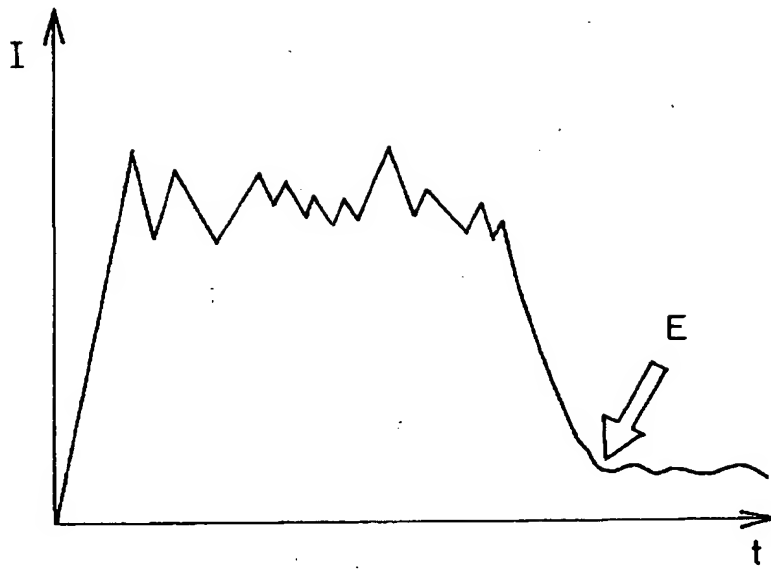
【図 18】



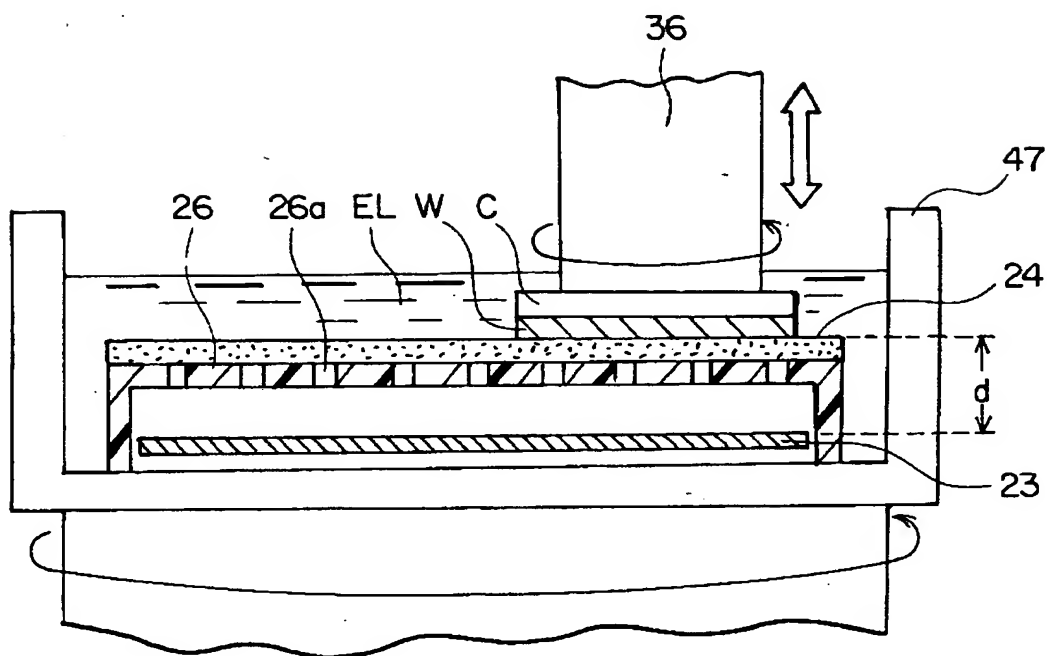
【図19】



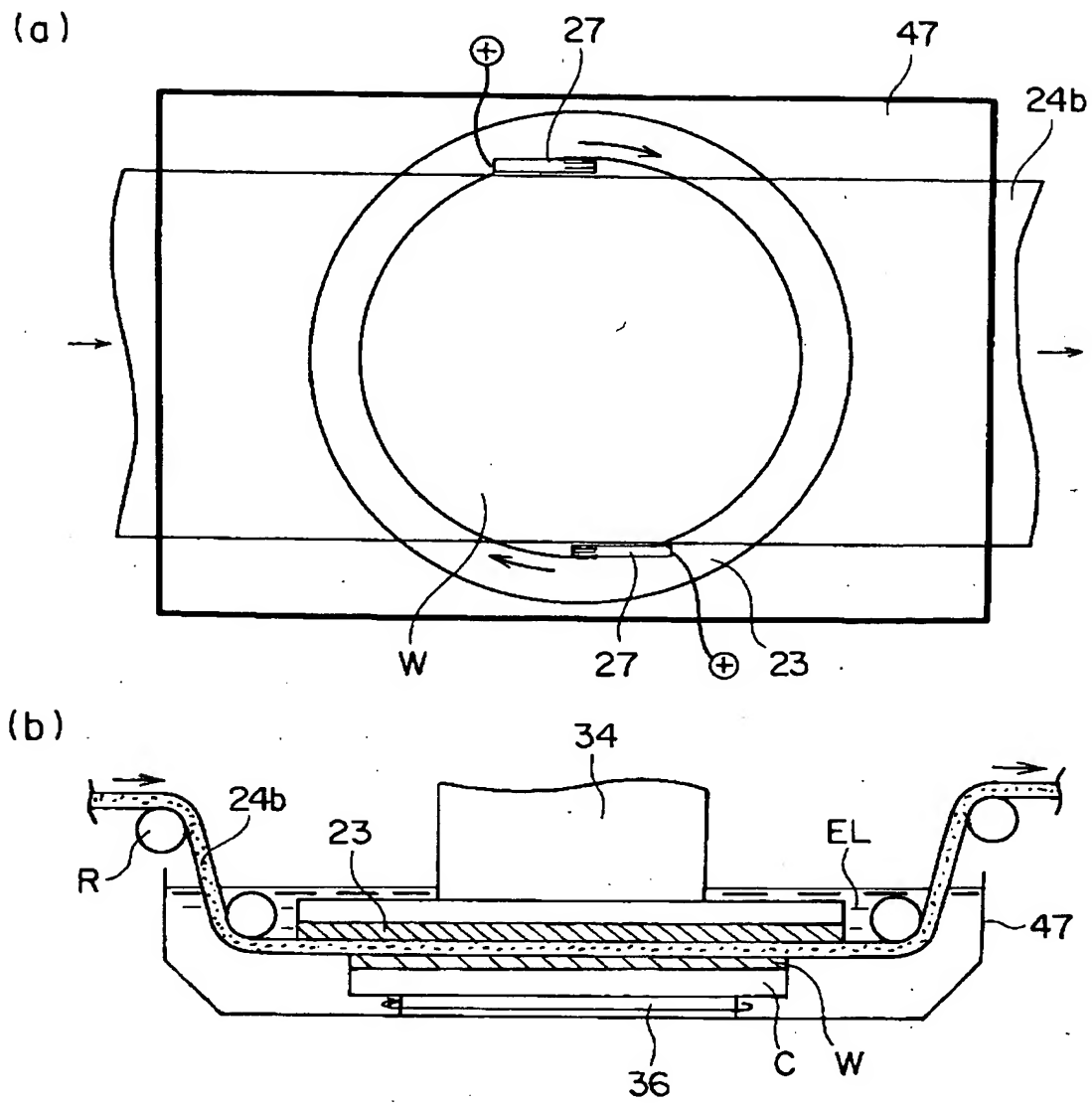
【図 20】



【図 21】

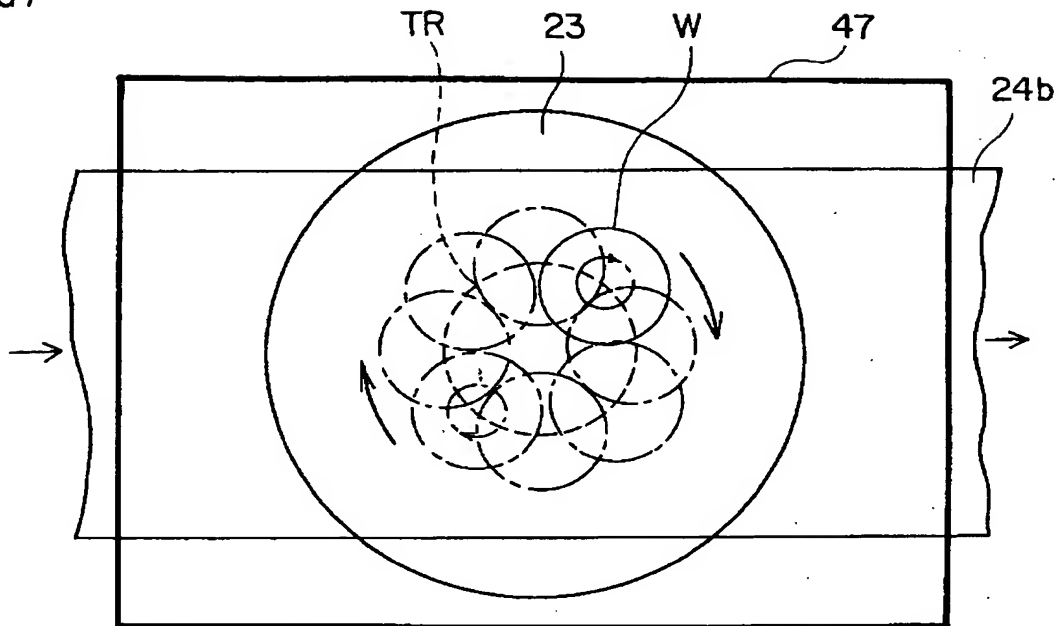


【図 22】

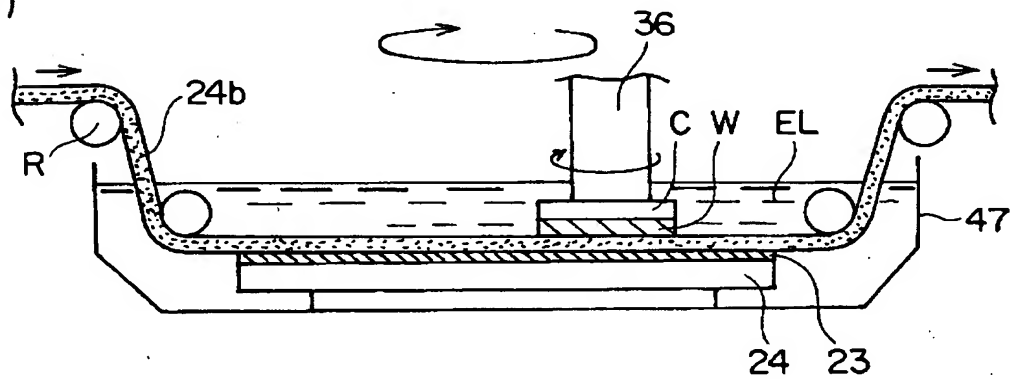


【図 23】

(a)

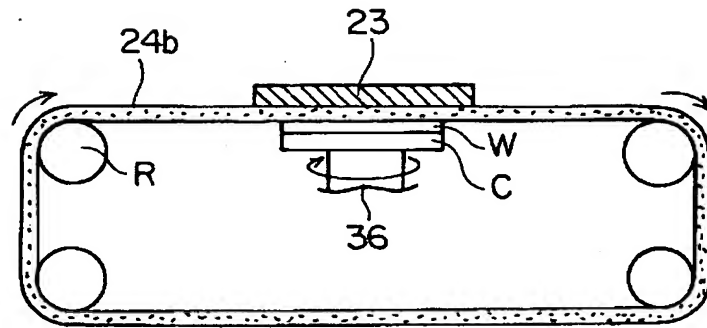


(b)

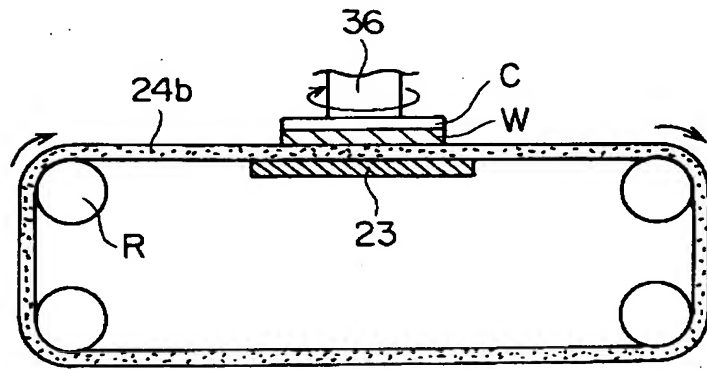


【図 24】

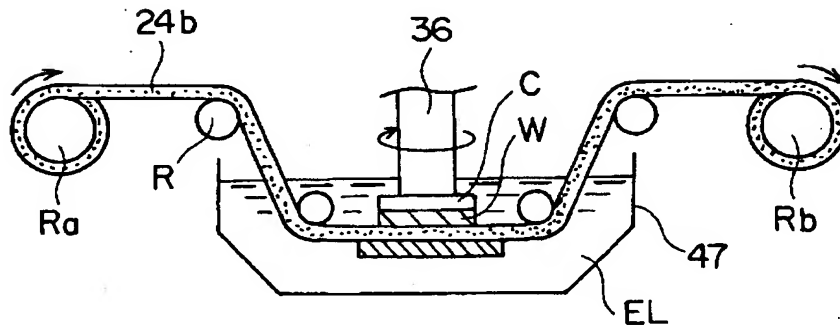
(a)



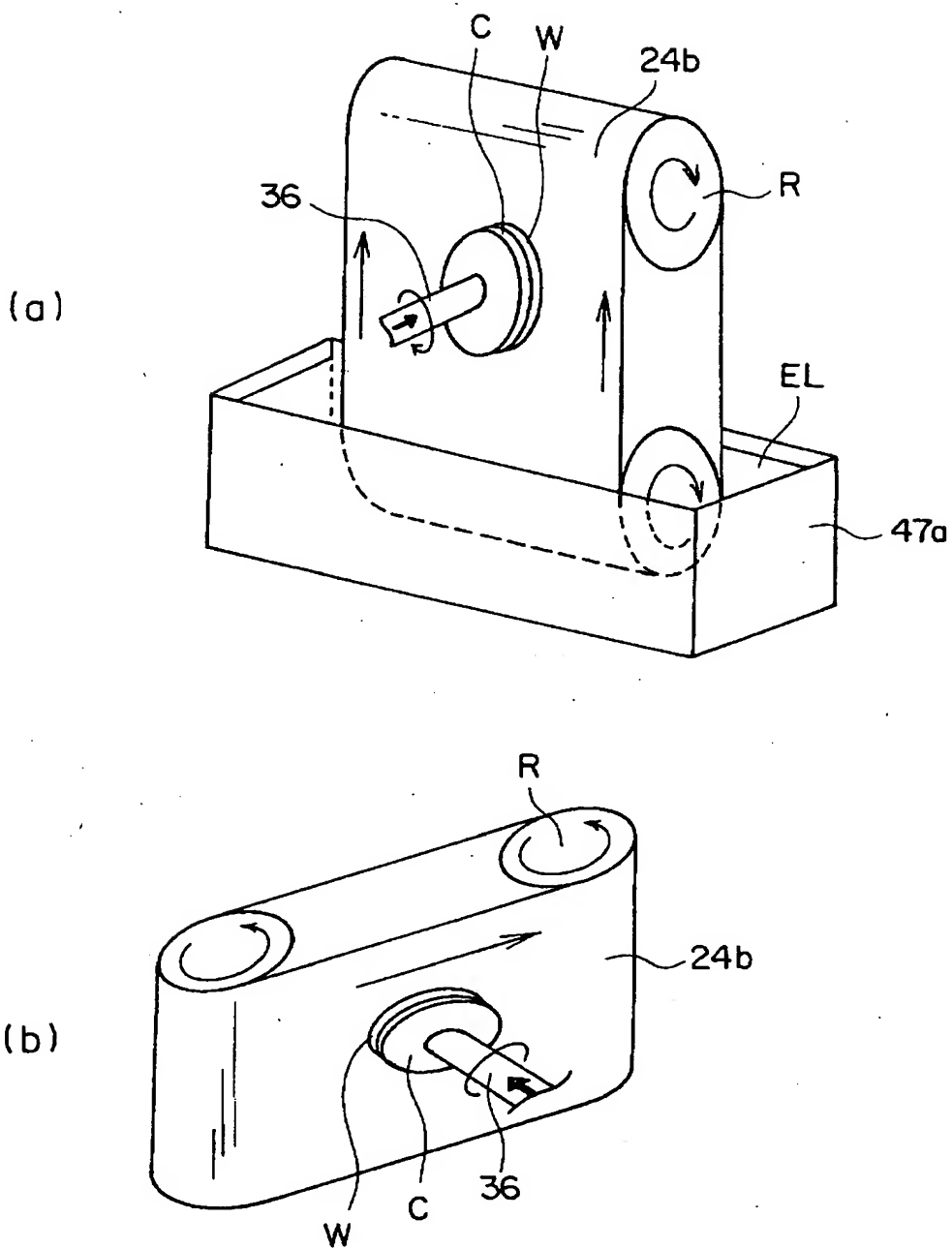
(b)



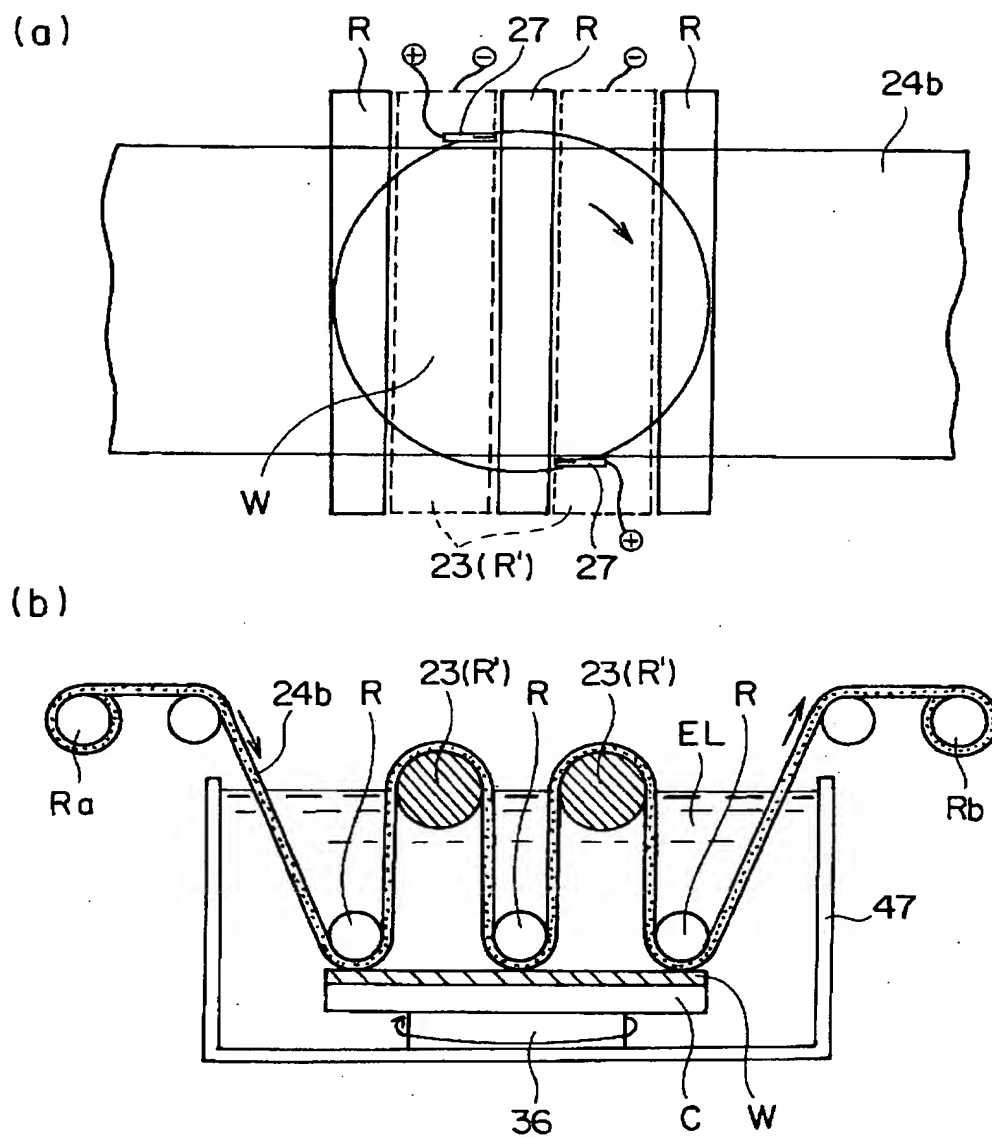
(c)



【図 25】



【図 26】



認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-056027
受付番号	50100356550
書類名	手続補正書
担当官	仲村 百合子 1730
作成日	平成13年 3月21日

<認定情報・付加情報>

【補正をする者】

【識別番号】

000002185

【住所又は居所】

東京都品川区北品川6丁目7番35号

【氏名又は名称】

ソニー株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100094053

【住所又は居所】

東京都台東区柳橋2丁目4番2号 創進国際特許
事務所

【氏名又は名称】

佐藤 隆久

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名	ソニー株式会社